

Scuola media "CAFFARO" e Scuola vespertina "CAVACCIUTI"

E1143

VIA GAZ 3

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

CASaA
architetti

Scuola media “CAFFARO” e Scuola vespertina “CAVACCIUTI”

E1143

VIA GAZ 3

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager

Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova

Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

CASa Associati

Via Cetto Ciglia 54 – 65128 – Pescara

Tel: 085 4311109 – 349 5394754 – info@casaassociati.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
[A]	[16/04/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Prima emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[B]	[22/05/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Seconda emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[C]	[19/06/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Terza emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[D]	[27/07/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Pubblicazione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			

Nell'ambito del servizio di Audit e Diagnosi Energetica, denominato Fondo Kyoto - Scuola 3, il presente documento si pone l'obiettivo di supportare la redazione del rapporto di diagnosi energetica attraverso la predisposizione di un modello di relazione standardizzato. Qualsiasi parere, suggerimento d'investimento o giudizio su fatti, persone o società contenuti all'interno di questo documento è di esclusiva responsabilità del soggetto terzo che lo utilizza per emanare tale parere, suggerimento o giudizio.

Il Comune di Genova non si assume alcuna responsabilità per le conseguenze che possano scaturire da qualsiasi uso di questo documento da parte di terzi. Questo documento contiene informazioni riservate e di proprietà intellettuale esclusiva. E' vietata la riproduzione totale o parziale, in qualsiasi forma o mezzo e di qualsiasi parte del presente documento senza l'autorizzazione scritta da parte del Comune di Genova.

INDICE

PAGINA

INDICE.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	20
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	22
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	25
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	26
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	26
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	27
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	28
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	29
5 CONSUMI RILEVATI	30
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	30
5.1.1 <i>Energia termica</i>	30
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	32
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	38
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	43
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	43
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	44
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	45
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	46
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	47
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	49
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	49
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	49



7.1.2	Vettore elettrico.....	52
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	57
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	58
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	59
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	60
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	60
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	60
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	62
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	67
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	67
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	68
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	68
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	70
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	76
9.3.1	<i>Scenario 1: IMPIANTO TERMICO</i>	79
9.3.2	<i>Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO</i>	84
10	CONCLUSIONI	90
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	90
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	90
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	91
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	1
	ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI	1
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA.....	1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	2
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	2
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	2
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	2
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	2

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1976
Anno di ristrutturazione		2016 (adeguamento antincendio)
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.873
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.092
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	14.298
Rapporto S/V	[1/m]	0,36
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.950
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.950
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	24 + 700
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	12,5
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrico
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	50,665
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	183.936
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	14.512
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	28.930
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.659

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento all'intradosso della copertura;
- EEM 2: Installazione di generatori modulari a condensazione;
- EEM3: Installazione di valvole termostatiche;
- EEM4: Installazione di circolatore con inverter;

- SCN1: IMPIANTO TERMICO (EEM2+3+4);
- SCN2: IMPIANTO E INVOLUCRO (EEM1+2+3).

Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _C o ₂	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	5,8	5,8	1.176	-	-	34.872	14,9	26,0	30	1.381	4,5	0,04		
EEM 2	40,8	40,8	8.220	1.763	469	49.659	3,4	3,7	15	72.165	24,7	1,45		
EEM 3	8,6	8,6	1.698	-	-	4.747	2,9	3,3	15	11.883	32,5	2,50		
EEM 4	1,3	1,3	274	-	-	2.375	8,5	10,7	15	533	7,4	0,22		
SCN 1	50,5	50,5	10.024	1.763	469	56.781	5,67	6,22	-	24.058	34,72	42,37	1,096	2,835
SCN 2	52,5	52,5	10.394	1.763	469	89.277	3,72	4,27	-	18.503	29,91	20,72	1,248	1,589

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

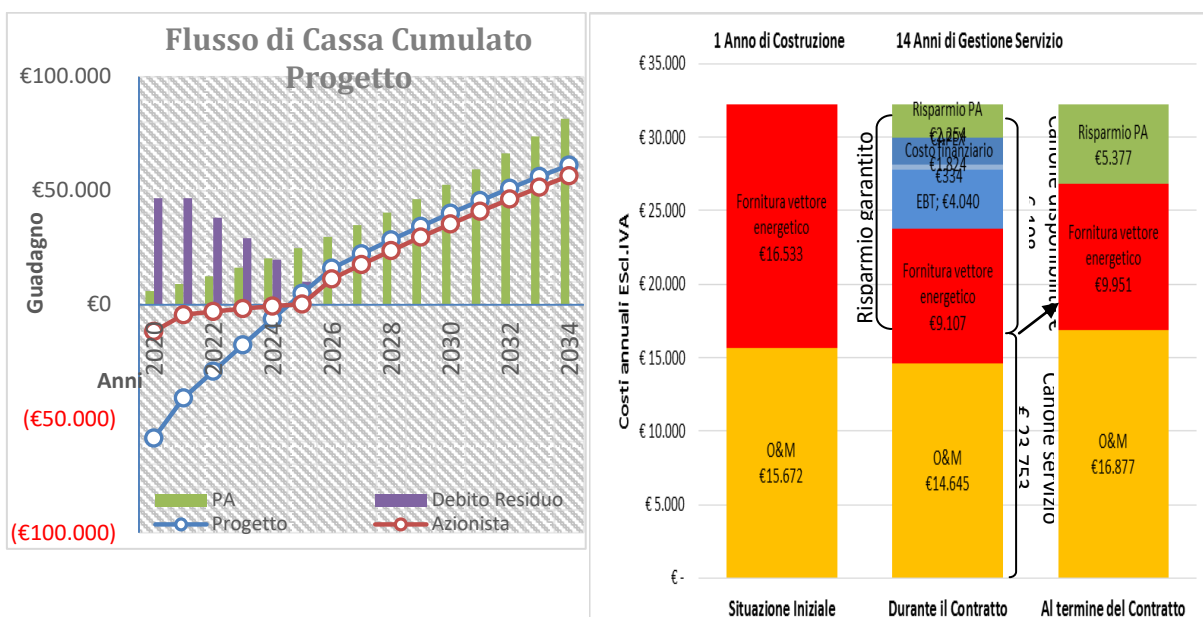
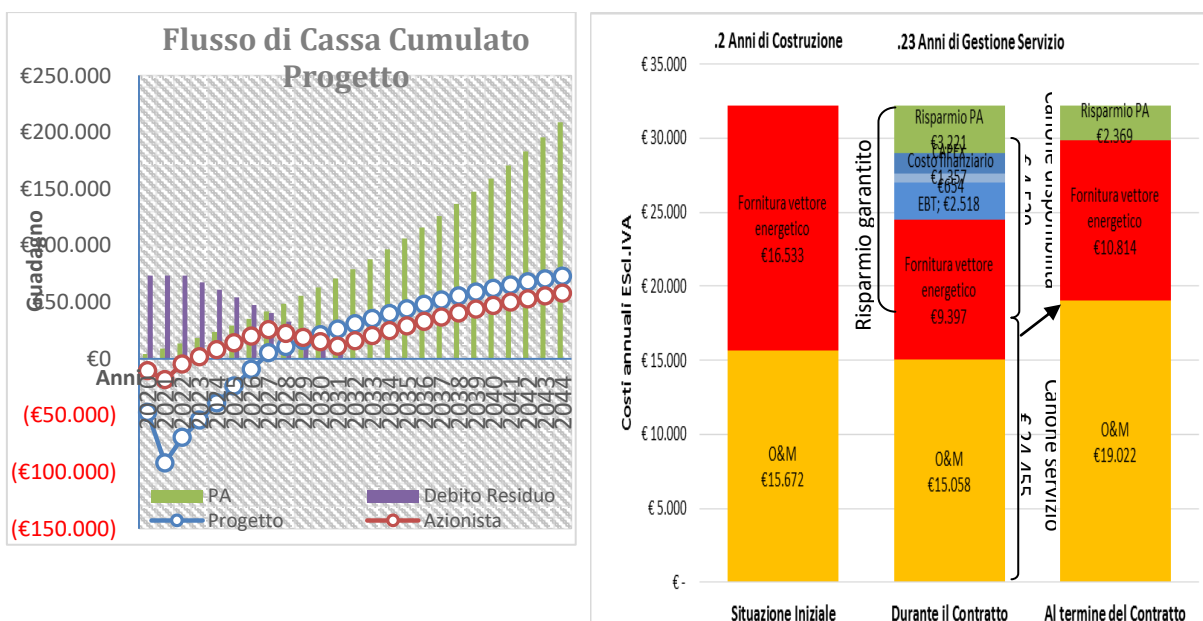


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall’analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di due classi energetiche, ed in particolare per l’edificio in esame dalla F alla D**, attraverso entrambi gli scenari proposti e concernenti le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell’impianto termico.

Tuttavia, lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere lo scenario 2, che prevede l’efficientamento dell’involucro mediante l’isolamento della copertura dall’intradosso e dell’impianto termico mediante la sostituzione del generatore compreso il sistema di regolazione e



controllo della temperatura per ogni singolo ambiente. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore esistente, con un nuovo sistema a condensazione, risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima **una riduzione complessiva di 26.602 kg CO2.**

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico **sarebbe possibile risparmiare 138.971 kWh.**

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

Il Comune di Genova, in attuazione alle politiche di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici pubblici di sua proprietà, ha individuato negli edifici scolastici, la possibilità di intervenire, ai fini di ridurre i gli attuali consumi, in quanto tali edifici risultano essere particolarmente energivori.

Con DGC n. 225 del 17/09/2015 l'amministrazione ha pertanto partecipato al bando ministeriale denominato “Fondo Kyoto Scuole 3” attraverso il quale, con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 26 Agosto 2016 n.197/CLE, è stato riconosciuto al Comune di Genova un finanziamento a tasso agevolato pari a € 1.127.506,00 per l'elaborazione delle **Diagnosi energetiche (DE)** di 204 edifici scolastici necessarie per la programmazione futura degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici stessi.

Figura 1.1 - Vista della facciata sud



Nell'attività di realizzazione delle DE si è fatto riferimento alla normativa tecnica ed alla legislazione riportata al Capitolo 3 del Capitolato Tecnico per la “Procedura aperta per l'affidamento del servizio di audit e diagnosi energetiche relative agli edifici scolastici di proprietà del comune di Genova finanziate ai sensi dell'ex art.9 del d.l. 91/2014 “interventi urgenti per l'efficientamento energetico degli edifici scolastici e universitari pubblici”, (fondo Kyoto) - lotti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9”

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

Per DE del sistema edificio-impianto s'intende pertanto una procedura sistematica finalizzata alla conoscenza degli usi finali di energia con l'individuazione e l'analisi delle eventuali inefficienze o criticità energetiche di un edificio e degli impianti presenti al suo interno.

La presente DE si inserisce in questo contesto ed analizza, pertanto, le possibili soluzioni tecniche e contrattuali, che potrebbero portare alla realizzazione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica volti ad una riduzione dei consumi e ad un conseguente abbattimento delle emissioni di CO₂.

La DE è, inoltre, il principale strumento per la valutazione della fattibilità tecnica ed economica di **misure di miglioramento dell'efficienza energetica (Energy Efficiency Measures - EEM)** negli edifici e rappresenta un valido punto di partenza per la realizzazione di **contratti di prestazione energetica (Energy Performance Contract – EPC)**.

Scopo della DE è quindi la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del paramento di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 o a 15 anni.

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita CASa Associati, il cui responsabile per il processo di audit è l’arch. Carmela Palmieri, soggetto certificato Esperto in Gestione dell’Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

In Tabella 1.1 sono riportati i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nelle varie fasi di svolgimento della DE.

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

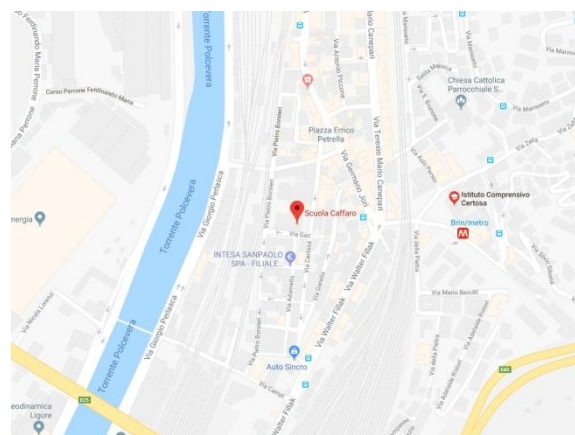
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carmela Palmieri Marco Santomauro Fabio Armillotta Pierluigi Feondo Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Sopralluogo in sito
Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Roberta Campanella		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Fabio Armillotta		Prove strumentali: Termografie ed endoscopie
Marco Santomauro	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Pierluigi Feondo	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Carmela Palmieri	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCT sezione D, F. 35 Mapp. 947 è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Certosa, una frazione del quartiere genovese di Rivarolo, nella bassa val Polcevera. Nella ripartizione amministrativa del comune di Genova in vigore dal 2005 è compresa come "unità urbanistica" di Rivarolo del Municipio V – Valpolcevera.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola secondaria di primo grado e scuola vespertina.

Figura 1.2 – Ubicazione dell’edificio



Nella seguente tabella sono riportate le principali caratteristiche geometriche ed impiantistiche dell’edificio.

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1976
Anno di ristrutturazione		2016 (adeguamento antincendio)
Zona climatica		[D]

Destinazione d'uso	E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.873
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.092
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	14.298
Rapporto S/V	[1/m]	0,36
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.950
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	-
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	2.950
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.950
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore tradizionale	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	24 + 700
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	12,5
Tipo di combustibile	Gas naturale	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Boiler elettrico	
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	50,665
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	183.936
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	14.512
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	28.930
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.659

Nota (1): Valori di Baseline

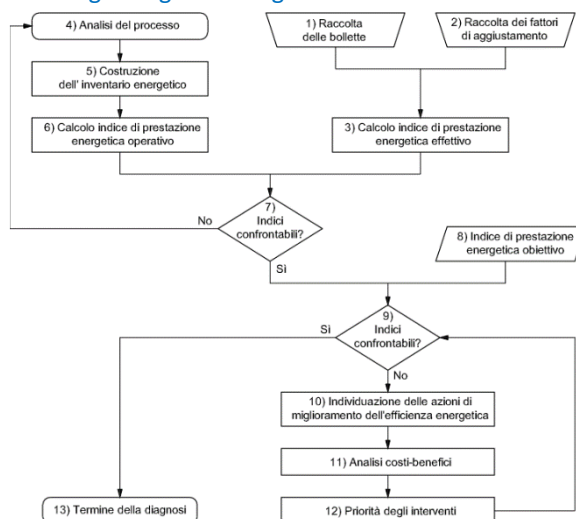
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

La procedura di realizzazione della DE si è sviluppata nelle seguenti fasi operative:

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 20/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale TERMUS dell'ACCA Software versione 42.h in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 67 del 15/03/17 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati Climatici;

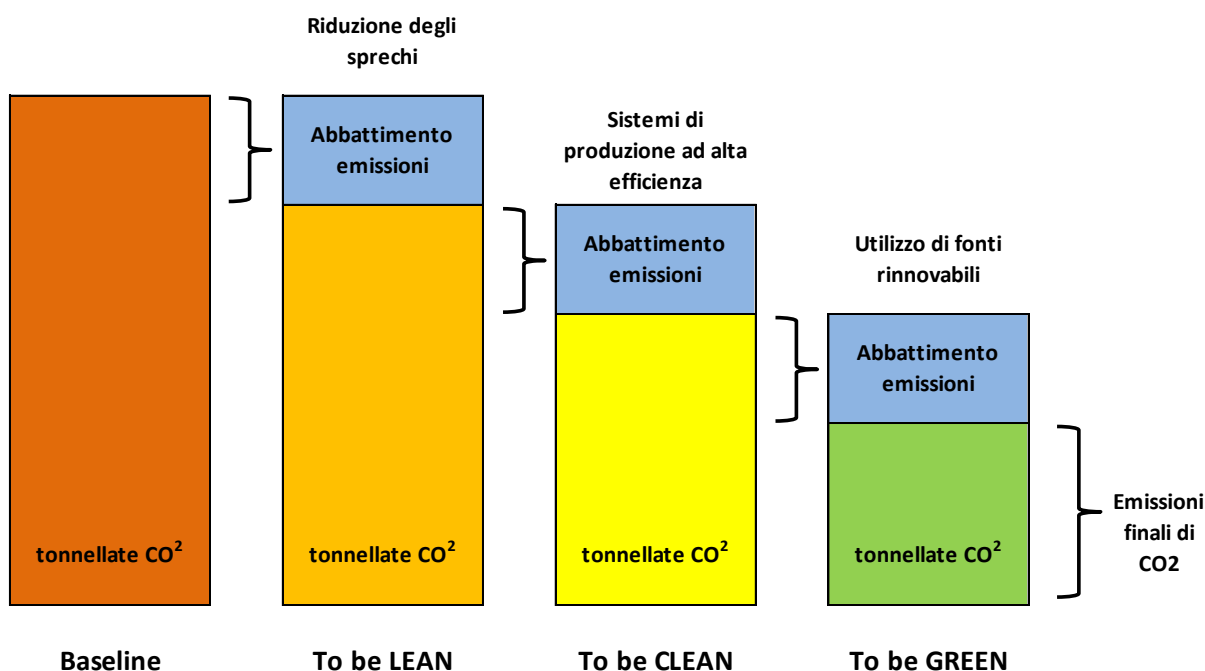
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell’edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiore uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una EScO;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

Figura 1.3 – Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



Per la definizione di soluzioni integrate, la priorità con cui sono state analizzate la combinazione di possibili EEM è quella definita dal modello di gerarchia energetica riportato in Figura 1.4

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di CO₂, secondo tre livelli consequenziali:

- **To be Lean:** Utilizzo di EEM che limitino gli sprechi ed ottimizzino il funzionamento del sistema edificio-impianto (es: illuminazione a led, coibentazione strutture, efficientamento serramenti, termoregolazione, variazioni nelle modalità di utilizzo, ecc.);
- **To be Clean:** Aumento dell'efficienza dei sistemi di produzione in loco dell'energia tramite lo sfruttamento di tecnologie ad alto rendimento (es: sostituzione generatore di calore con uno ad alta efficienza, chiller ad alta efficienza, teleriscaldamento, teleraffrescamento, cogenerazione);
- **To be Green:** Produzione di energia da fonti rinnovabili (es: pompe di calore, fotovoltaico, ecc.).

Secondo questo modello di gerarchia energetica non è raccomandato riqualificare gli impianti di generazione della climatizzazione e gli impianti rinnovabili se non a partire da rinnovate e ridotte condizioni del fabbisogno energetico, conseguenti all'adozione di EEM preliminari atte a ridurre il fabbisogno energetico primario.

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domanda d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dal baseline e a approdando a un nuovo valore di baseline ridotto, ("to Be Lean"). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si è valutato il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile dapprima dalla riqualificazioni degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

Una volta esaminate le possibili EEM si è realizzata una analisi economica delle stesse, ponendo particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc) individuando i principali indicatori economici d'investimento di seguito elencati:

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);

- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

Inoltre per i soli scenari ottimali, si è provveduto alla formulazione del Piano Economico-Finanziario indicativo (PEF) ed alla valutazione della sostenibilità finanziaria, utilizzando i seguenti indicatori di bancabilità:

- DSCR (Debt Service Cover Ratio) medio di periodo;
- LLCR (Loan Life Cover Ratio) medio di periodo.

La definizione di bancabilità delle EEM viene associata agli scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLCR maggiori di 1.

Si è poi individuata una possibile tipologia di contratto che potesse rendere realizzabili le EEM identificate, ipotizzando la partecipazione di ESCo attraverso l'utilizzo di contratti EPC.

Dal punto di vista dell'individuazione dei capitali per la realizzazione delle misure, si è invece posta l'attenzione sulle varie alternative finanziarie, individuando nel **Finanziamento Tramite Terzi (FTT)** una valida opportunità, nel caso in cui la PA non abbia le risorse necessarie a sostenere gli investimenti per la riqualificazione energetica dell'edificio.

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

Il presente rapporto di DE, con riferimento all'Appendice J della norma UNI CEI EN 16247-2:2014, è stato articolato nelle seguenti parti:

- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei componenti del sistema edificio-impianto.
- Una terza parte contenente l'analisi dei consumi storici dell'edificio oggetto della DE, con la conseguente identificazione degli indici di prestazione energetica effettivi;
- Una quarta parte relativa alla definizione del modello energetico, e del procedimento di convalida dello stesso, al fine di renderlo conforme a quanto identificato nell'analisi dei consumi storici;
- Una quinta parte in cui sono descritte le caratteristiche tecniche ed i costi delle EEM proposte e gli scenari ottimali, individuabili tramite la valutazione dei risultati dell'analisi economico-finanziaria.
- Una parte conclusiva contenente i risultati dell'analisi ed i suggerimenti dell'Auditor per l'attuazione degli scenari proposti da parte della PA, definendo le opportune priorità di intervento.

Giunta Municipale Arg. N. 34 del 5/9/2012) per il mantenimento dell’unica sede di scuola vespertina municipale.

Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d’uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli.

Ai fini dell’esecuzione degli interventi di efficientamento energetico non sarà necessario apportare varianti agli strumenti urbanistici né provvedere ad espropri o a variazioni di proprietà.

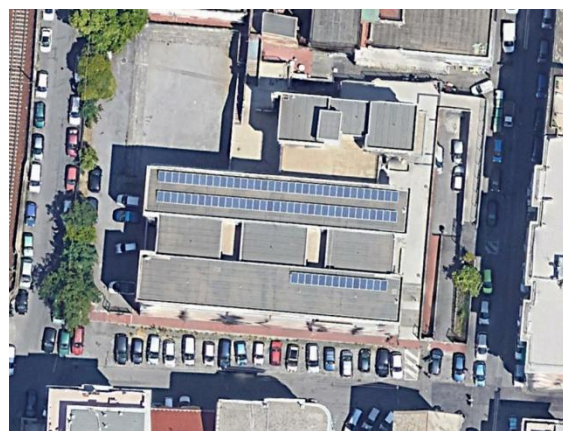
L’ipotesi di intervenire al fine di migliorare l’efficienza energetica dell’asilo è volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, e rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all’interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di interesse socio-culturale, poiché trattandosi di una struttura scolastica, sarebbe utile alla sensibilizzazione degli utenti alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

La scuola media “Caffaro”, con un suo ingresso indipendente al piano primo dell’edificio (lato via Certosa), è costituita da 9 classi, ed ha una palestra e numerosi laboratori e aule speciali.

Pertanto, ogni anno, la scuola è frequentata da circa 180 bambini, oltre a maestre e collaboratrici scolastiche, gli iscritti della scuola Vespertina e gli utenti della palestra, che è aperta anche in orario serale. Inoltre, è importante evidenziare come, oltre alla riduzione di emissioni climalteranti e alle finalità di sensibilizzazione sulle tematiche ambientali, l’efficientamento dell’edificio e una corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai bambini e dagli operatori didattici, nonché la riduzione dei consumi specifici di energia termica ed elettrica.

L’edificio, ospitante la scuola media oggetto della DE, è disposto su quattro livelli principali: al piano terra ci sono la scuola Vespertina con ingresso indipendente e servizi, la palestra con gli ambienti a servizio (spogliatoi e servizi igienici), due sale riunioni, un archivio, un ripostiglio e il locale tecnico; al piano primo ci sono l’atrio di ingresso alla scuola media, gli uffici di segreteria, del dirigente, l’archivio, la biblioteca e i servizi igienici; al secondo ci sono la sala professori, l’archivio, le aule speciali e i laboratori, i servizi igienici; al terzo ci sono le aule didattiche e i servizi igienici. Nella Tabella 2.1 sono riassunte le destinazioni d’uso delle varie aree e le relative superfici.

Figura 2.2 - Vista satellitare dell’edificio (Fonte: Google Earth)



Le planimetrie utilizzate nella valutazione sono riportate in Allegato B – Elaborati.

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Ingresso scuola vespertina, dispensa, palestra, spogliatoi, servizi igienici, 2 sale riunioni, archivio, ripostiglio e locale tecnico	[m ²]	1.088	1.020	-
Primo	Ingresso scuola media, biblioteca, uffici di segreteria, ufficio dirigente scolastico, archivio e servizi igienici	[m ²]	336	333	103
Secondo	Aule speciali, aula professori, laboratori e servizi igienici	[m ²]	755	752	-

Terzo	Aule didattiche, 1 aulastegno, servizi igienici	[m ²]	771	768	-
TOTALE		[m²]	2.950	2.873	103

Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (3): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI

Dal punto di vista storico l'edificio, realizzato nel 1976, non è classificato come **bene di interesse Storico ed Artistico Particolarmente Importante**, pertanto, nell'analisi delle EEM non si è resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico.

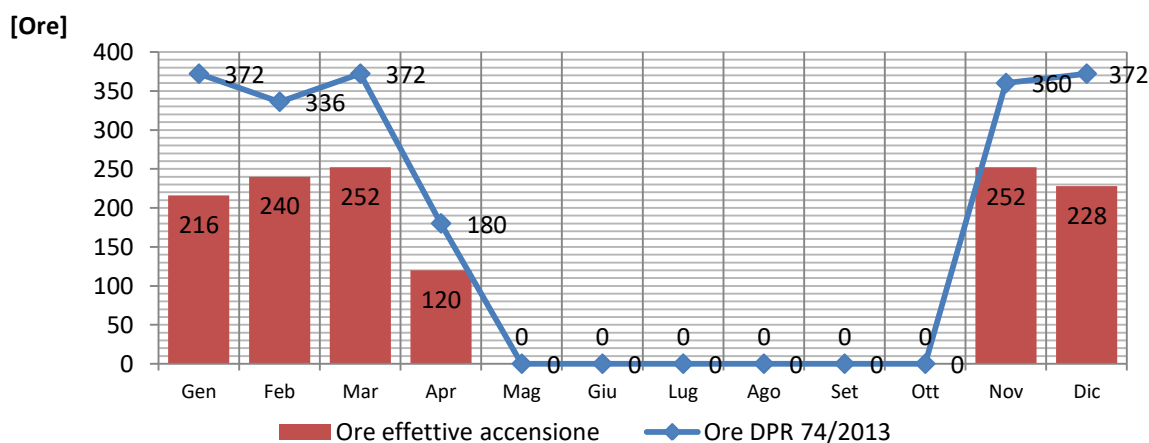
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale didattico e di servizio, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.2 – Orari di funzionamento dell'edificio e orari di funzionamento degli impianti termici.

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 14 Settembre al 31 Ottobre	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	spento
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	6.00 – 18.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 16 Aprile al 30 Giugno	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	spento
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 01 Luglio al 13 Settembre	tutti i giorni	chiuso	spento

Figura 2.3 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'impianto termico





Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle attività dell’asilo, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura pertanto un’ora prima dell’arrivo dei bambini ed un’ora dopo l’edificio è occupato dal personale scolastico. L’impianto inoltre si accende un’ora prima dell’arrivo del personale.

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell’edificio scolastico oggetto della DE sono definite dal contratto Servizio Integrato Energia 3 che prevede l’affidamento ad un unico Gestore, del Servizio Energia, ovvero tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l’assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, e di tutti gli impianti ad essi connessi.

Tale contratto è stato stipulato a partire da Ottobre 2016 ed ha una durata di 6 anni.

Precedentemente era presente un altro contratto di “Fornitura del servizio energia e manutenzione degli impianti termici e di condizionamento negli edifici di proprietà o di competenza del comune di Genova”, di durata 3 anni.

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

L'edificio oggetto della DE è ubicato nel Comune di Genova, il quale ricade nella zona climatica D, a cui corrispondono 1435 **Gradi Giorno(GG)** (D.P.R. 412/93 - allegato A) ed una stagione di funzionamento degli impianti di riscaldamento compresa tra il 1 Novembre e il 15 Aprile con un periodo di accensione consentito degli impianti di 12 ore al giorno (DPR 74/2013).

Le medie mensili delle temperature esterne medie giornaliere caratteristiche del Comune, così come definite dalla norma UNI 10349:2016, sono riportate nella Tabella 3.1.

Tabella 3.1 – Temperature esterne giornaliere medie mensili [°C] (UNI 10349:2016)

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUGL	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
10,4	10,5	11,1	15,3	18,7	22,4	24,6	23,6	22,2	18,2	13,3	10,0

Tali temperature sopra indicate sono quelle utilizzate per la creazione del modello energetico termico, a cui corrispondono 1421 GG di riferimento, valutati in condizioni standard di utilizzo dell'edificio, come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 905 GG su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

I GG così calcolati definiscono i GG_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21,22%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21,00%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20,66%
Aprile	30	15,3	15	71	20	15	52	5,72%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	14	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14,81%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16,58%
TOTALE	365	16,7	166	1421	212	111	905	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

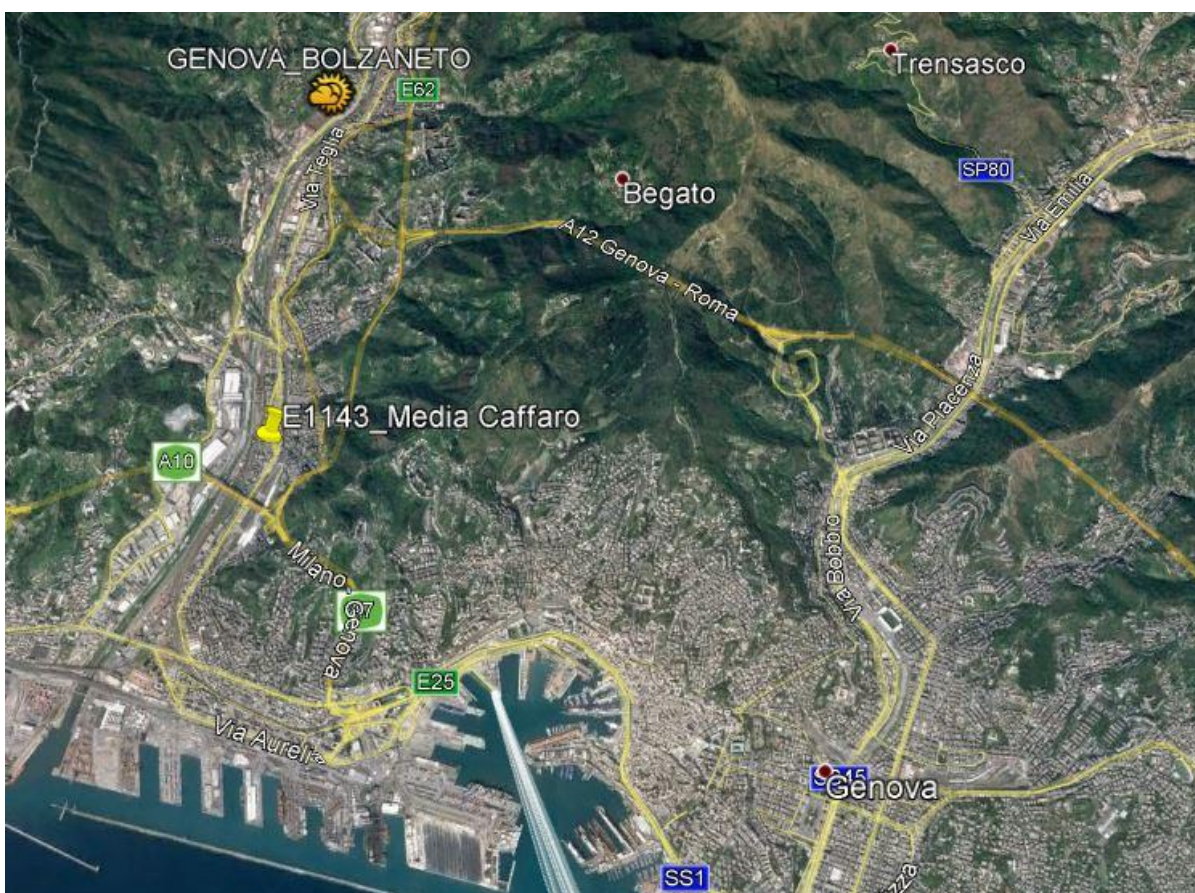
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle caratteristiche climatiche della zona.

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica GENOVA-BOLZANETO (Long. 8° 53’ 44.196’’ – Lat. 44° 27’ 19.08’’ – Altezza sul livello del mare 47m).

In mancanza di specifiche tecniche relative alla tipologia di centralina climatica, si riporta di seguito il link di riferimento da cui sono stati estrapolati i dati climatici utilizzati per il calcolo dei gradi giorno: <http://www.cartografiarl.regione.liguria.it/SiraQualMeteo/script/PubAccessoDatiMeteo.asp>.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è l’unica disponibile e fornita dalla PA per l’edificio oggetto della presente DE.

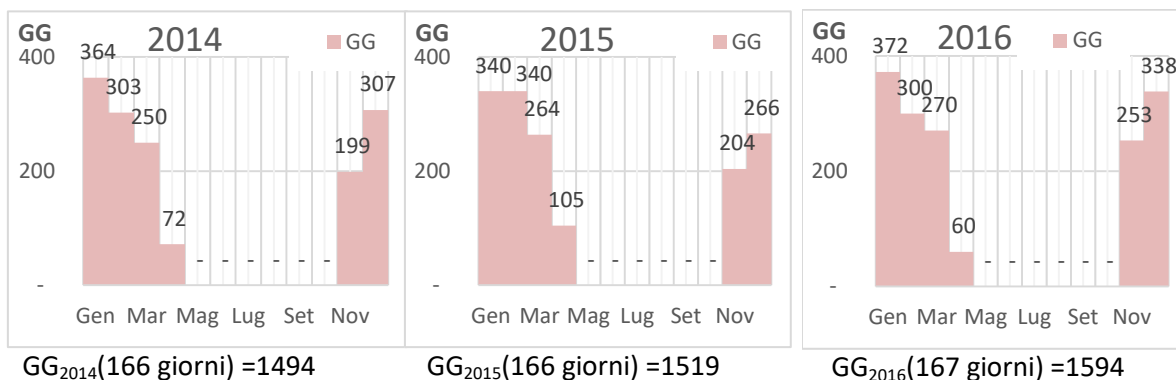
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

Di seguito si riportano i valori mensili dei GG reali, calcolati in funzione delle temperature esterne medie orarie per il triennio di riferimento (2014 - 2015 – 2016), valutati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

Figura 3.2 - Andamento mensile dei GG reali per il triennio di riferimento

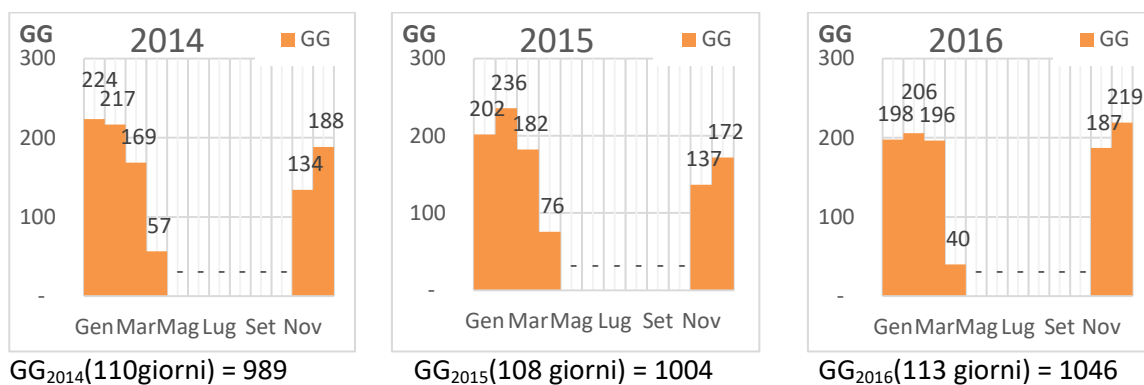


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore medio per le tre stagioni termiche analizzate di 1013 GG calcolati su 110 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

I GG così calcolati definiscono i GG_{real} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

Figura 3.3 - Andamento mensile dei GG reali, valutati in condizioni di effettivo utilizzo degli impianti, per il triennio di riferimento



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG evidenzia l'innalzamento medio delle temperature esterne per il sito di riferimento e dunque la necessità di normalizzare i dati di consumo energetico.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una muratura a cassetta in laterizio con camera d'aria priva di isolamento. La muratura è intonacata su entrambi i lati e, ad ogni piano è uguale su tutti i fronti dell'edificio. Non sono presenti nicchie sottofinestra.

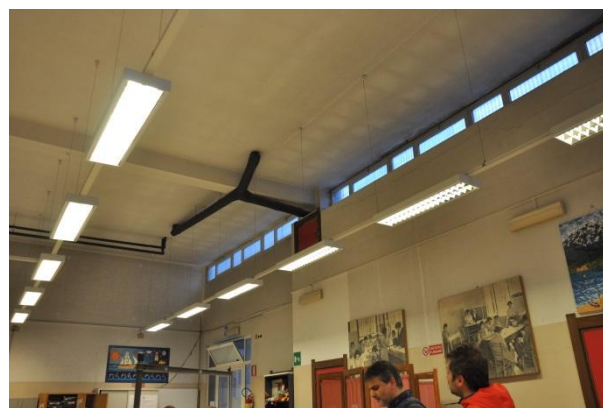
Il solaio di copertura è piano, privo di isolamento, ed è del tipo in laterocemento come quelli interpiano.

Figura 4.1 – Vista interna di un'aula



Figura 4.2 - Particolare del solaio della scuola vespertina

Questa soluzione realizzativa presenta tutte le problematiche tipiche delle strutture a telaio non isolate, con problematiche più accentuate nel periodo invernale e negli ambienti a piano terra.



Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l’utilizzo di termocamera ai sensi della norma UNI EN 13187: 2000 “Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all’infrarosso”.
- Indagine endoscopica delle strutture a eseguito tramite videoendoscopio flessibile Eumig-6200, Monitor Type Boroscope.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Dispersioni dell’involucro edilizio in corrispondenza dei ponti termici geometrici della struttura;
- Dispersioni dell’involucro edilizio in corrispondenza delle zone sottofinestra.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete del fronte est (zona ingresso scuola media)



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all’Allegato C – Report di indagine termografica e all’Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell’involucro opaco riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ₂ K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Solaio controterra	SL13	[34,5]	[assente]	[2,02]	[discreto]
Solaio Copertura piana	SL04	[44,4]	[assente]	[1,44]	[discreto]
Parete esterna verticale	[MR01]	[35]	[assente]	[1,05]	[discreto]

L’elenco completo dei componenti dell’involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell’Allegato J – Schede di Audit.

4.1.2 Involucro trasparente

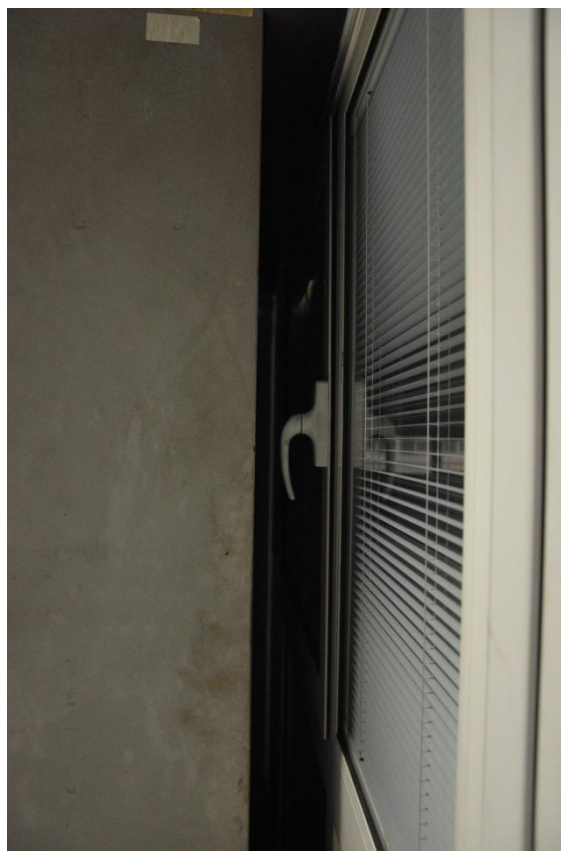
L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti in alluminio con vetrocamera.

Gli infissi, in generale, non presentano un sistema di schermatura esterno. Nelle aule sono presenti

tende interne. Nei locali di segreteria e del dirigente ci sono schermature interne del tipo “a veneziana”.

In copertura sono presenti ampi lucernai vetriati.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



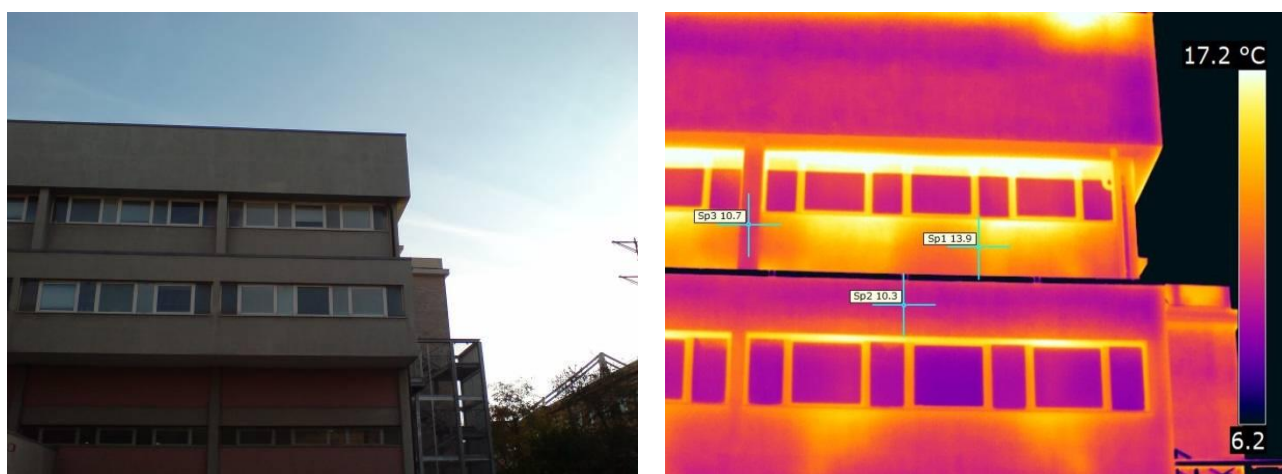
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito sensi della norma UNI EN 13187:2000 “Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all’infrarosso”.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Dispersioni termiche in corrispondenza dell’attacco parete-serramento;
- Dispersioni termiche di telaio e vetro.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti al piano primo, secondo e terzo sul fronte sud



Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell’involucro trasparente riportati nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento a sette ante	WN01	[5,80x0.50]	alluminio	Vetrocamera	4,29	discreto
Serramento a sette ante con sopra luce	WN02	[5.50x2.20]	alluminio	Vetrocamera	3,91	discreto
Serramento ad un’anta	WN04	[1.00x1.20]	alluminio	Vetrocamera	3,84	discreto
Serramento a due ante	WN07	[1.60x2.15]	alluminio	Vetrocamera	4,10	discreto
Serramento a tre ante con sopra luce	WN12	[2.50x1.60]	alluminio	Vetrocamera	3,95	discreto
Serramento a cinque ante	WN13	[4.00x2.00]	alluminio	Vetrocamera	3,84	discreto
Serramento a quattro ante	WN16	[5.80x2.00]	alluminio	Vetrocamera	3,67	discreto

L’elenco completo dei componenti dell’involucro trasparente, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.2 dell’Allegato J – Schede di Audit.

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

L’impianto di riscaldamento degli ambienti della scuola Vespertina è costituito da un sistema con fluido termovettore acqua. E’ presente un generatore di calore a basamento alimentato a gas metano, un gruppo di circolazione costituito due pompe di distribuzione a giri fissi installate in parallelo, un sistema di distribuzione a colonne montanti ed un sistema di emissione a radiatori. Per quanto riguarda l’impianto di riscaldamento della scuola media si rileva la presenza di un sistema analogo a quello della scuola Vespertina, con l’installazione di un circolatore gemellare a giri fissi. Per la climatizzazione di alcuni uffici e di un’aula della scuola media sono presenti n.5 impianti “monosplit” con presenza di unità esterne ed unità interne.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito dalle seguenti tipologie di terminali:

- Radiatori su parete esterna non isolata;
- Radiatori su parete interna;
- Split a parete.

E' necessario sottolineare che al momento del sopralluogo l'impianto di riscaldamento a servizio della Scuola Vespertina era in funzione mentre l'impianto a servizio della Scuola Media non era in funzione.

Figura 4.6 - Particolare di un radiatore installato



Figura 4.7 – Particolare di un radiatore installato



I rendimenti di emissione desunti dal modello di calcolo delle DE sono i seguenti:

Tabella 4.3 - Rendimenti del sottosistema di emissione per le varie zone termiche

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola Media	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
Scuola Media	Radiatori su parete interna	93%
Scuola Media	Split a parete	97%
Scuola Vespertina	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
Scuola Vespertina	Radiatori su parete interna	93%

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.4.

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

ZONA TERMICA	PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]
Scuola Vespertina	Terra	Su parete esterna non isolata	4	1,76	7,04	-	-
		Su parete interna	11	1,76	19,36	-	-



E1143 – Scuola media “Caffaro” e scuola vespertina “Cavacciuti”

		Su parete interna	2	0,16	0,32	-	-
Scuola media	Terra	Su parete esterna non isolata	7	4,36	30,52	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	0,27	0,27	-	-
		Su parete interna	4	0,16	0,64	-	-
		Su parete interna	3	0,41	1,23	-	-
		Su parete interna	2	1,49	2,98	-	-
		Su parete esterna non isolata	7	1,19	8,33	-	-
	Primo	Su parete esterna non isolata	1	3,76	3,76	-	-
		Su parete interna	1	3,03	3,03	-	-
		Su parete esterna non isolata	2	2,31	4,62	-	-
		Su parete interna	2	0,32	0,64	-	-
		Su parete interna	2	0,73	1,46	-	-
		Su parete interna	1	1,34	1,34	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	0,73	0,73	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	2,49	2,49	-	-
		Split a parete	4	2,8	11,2	2,5	10
	Secondo	Su parete interna	1	0,48	0,48	-	-
		Su parete interna	2	0,19	0,38	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	2,1	2,1	-	-
		Su parete esterna non isolata	4	1,62	6,48	-	-
		Su parete esterna non isolata	2	1,95	3,9	-	-
		Su parete interna	3	1,49	4,47	-	-
		Su parete interna	1	1,35	1,35	-	-
		Su parete interna	1	3,08	3,08	-	-
		Su parete esterna non isolata	6	1,36	8,16	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	1,49	1,49	-	-
		Su parete esterna non isolata	2	0,95	1,9	-	-
		Su parete esterna non isolata	2	1,23	2,46	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	1,35	1,35	-	-
		Su parete interna	1	0,96	0,96	-	-
		Split a parete	1	3,6	3,6	3,5	3,5
	Terzo	Su parete esterna non isolata	14	2,71	37,94	-	-
		Su parete esterna non isolata	4	4,23	16,92	-	-
		Su parete esterna non isolata	2	2,31	4,62	-	-
		Su parete esterna non isolata	2	2,12	4,24	-	-
		Su parete esterna non isolata	2	2,83	5,66	-	-
		Su parete esterna non isolata	2	2,22	4,44	-	-
		Su parete esterna non isolata	2	4,23	8,46	-	-

	Su parete esterna non isolata	4	3,2	12,8	-	-
TOTALE		117	-	238,8	-	13,5

Nota(1): La potenza dei terminali di emissione è stata calcolata sulla base di quanto fornito dalla P.A. e verificata in sede di sopralluogo.

Nota(2): La differenza di temperatura tra i terminali di emissione e ambiente è pari a 26,5°C, in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo nella Scuola Vespertina. Si sottolinea che al momento del sopralluogo i radiatori della Scuola Media non erano in esercizio.

L’elenco dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell’Allegato J – Schede di Audit.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento degli impianti della Scuola Media avviene attraverso l’impostazione degli orari di funzionamento, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata per funzionare dalle 6:00 alle 18:00 dal lunedì al venerdì.

Per la scuola Vespertina è stato rilevato che nel periodo invernale l’impianto è acceso il lunedì e il mercoledì dalle 11:30 alle 18:30, il Martedì e il Venerdì dalle 6:00 alle 13:00 e il Giovedì dalle 6:30 alle 18:30.

Non sono presenti dei termostati ambiente a servizio del funzionamento dei radiatori.

Figura 4.8 – Particolare della centralina climatica situata all’interno della centrale termica a servizio della Scuola Media



Figura 4.9 - Particolare della centralina di controllo situata all’interno della centrale termica a servizio della Scuola Media



Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per le zone termiche Scuola Media

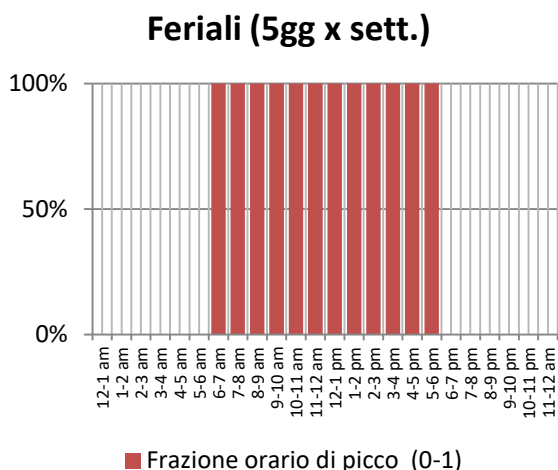


Figura 4.11 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per le zone termiche Scuola Vespertina

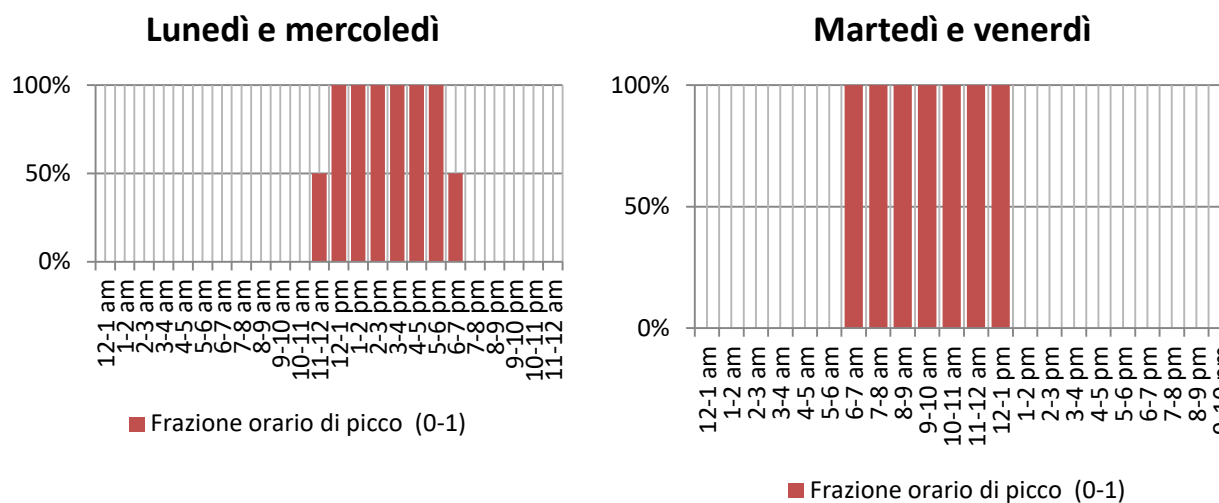
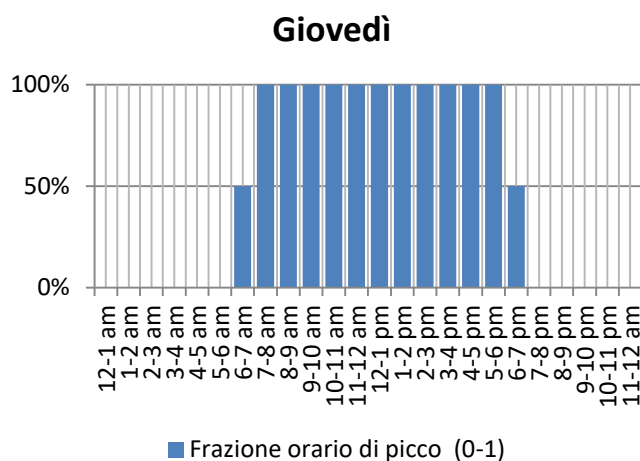


Figura 4.12 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per le zone termiche Scuola Vespertina



Il dettaglio dei profili orari di funzionamento, rilevati in sede di sopralluogo, è riportato nella Sezione 12 dell’Allegato J – Schede di Audit.

I rendimenti di regolazione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella Tabella 4.5:

Tabella 4.5 - Rendimenti del sottosistema di regolazione per le varie zone termiche

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola Media	Climatica centralizzata on/off	84%
Scuola Media (Uffici)	Per singolo ambiente più climatica	80%
Scuola Vespertina	Climatica centralizzata on/off	86%

L’elenco dei componenti del sottosistema di regolazione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell’Allegato J – Schede di Audit.

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

I sottosistemi di distribuzione della Scuola Media e della Scuola Vespertina sono costituiti dai seguenti elementi:

1) Circuito di riscaldamento di collegamento tra il generatore di calore in centrale termica in CT ed i terminali di emissione all'interno degli ambienti dell'edificio.

- 1) Circuito di riscaldamento Scuola Media:** è presente una pompa di circolazione gemellare a giri fissi installata sul circuito di mandata più una pompa di circolazione interna che collega il circuito di mandata a quello di ritorno.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti di riscaldamento sono riportati nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito di riscaldamento Scuola Media

	NOME	SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [m]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Circuito di riscaldamento - Scuola Media	P1	Circolazione interna	24,0 (1)	7,7 (1)	0,485 (1)
Circuito di riscaldamento - Scuola Media	P2	Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa a giri fissi)	46,0 (1)	14,0 (1)	1,520 (1)
TOTALE					2,005

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa.

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7.

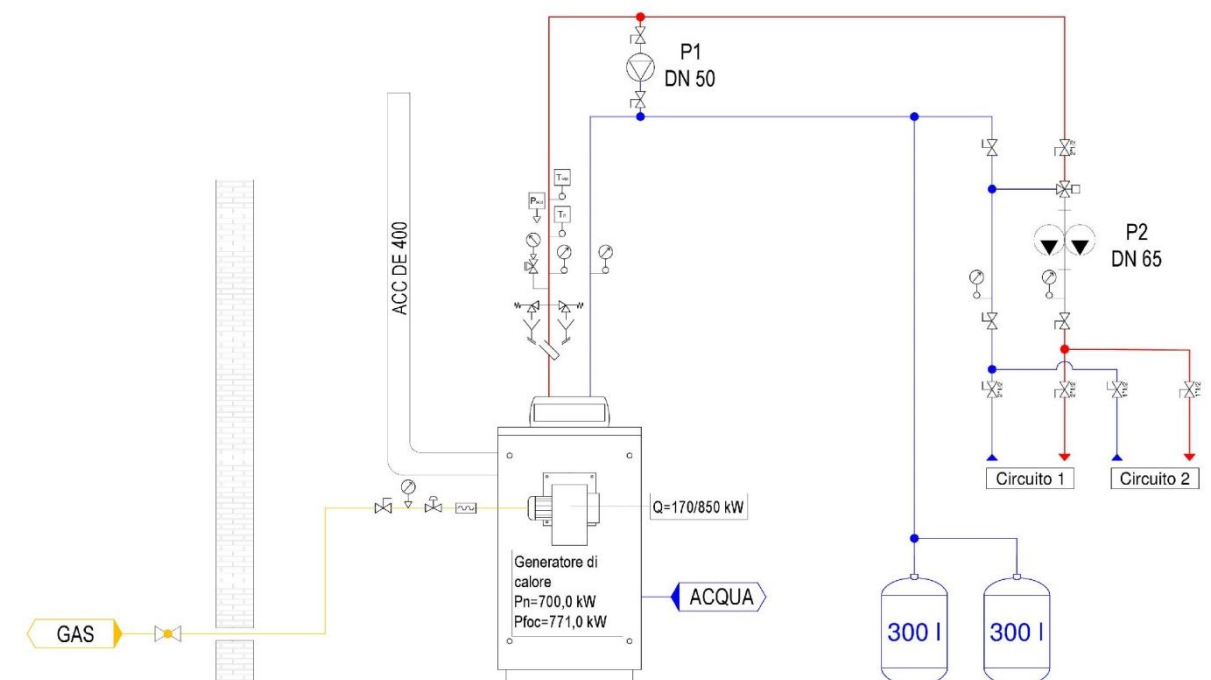
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito di riscaldamento Scuola Media

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito di riscaldamento	Mandata	Caldo	n.d. (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	n.d.(2)	60 (1)

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo;

Nota (2): Generatore non in funzione al momento del sopralluogo.

Figura 4.13 - Particolare dello schema di impianto della Scuola Media



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 89%. Tale rendimento è stato calcolato mediante il metodo previsto dalle norme UNI/TS 11300-2 prospetti 21-23.

2) Circuito di riscaldamento di collegamento tra il generatore di calore in centrale termica in CT ed i terminali di emissione all'interno degli ambienti dell'edificio.

2) Circuito di riscaldamento Scuola Vespertina: sono presenti due pompe di circolazione a giri fissi installate in parallelo sul circuito di mandata.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti di riscaldamento sono riportati nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito di riscaldamento Scuola Media

NOME	SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Circuito di riscaldamento - Scuola Vespertina	P1 Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa a giri fissi)	n.d.	n.d.	0,50 (1)
Circuito di riscaldamento - Scuola Vespertina	P2 Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa a giri fissi)	n.d.	n.d.	0,80 (1)
TOTALE		n.d.	n.d.	1,30 (1)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa.

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.9.

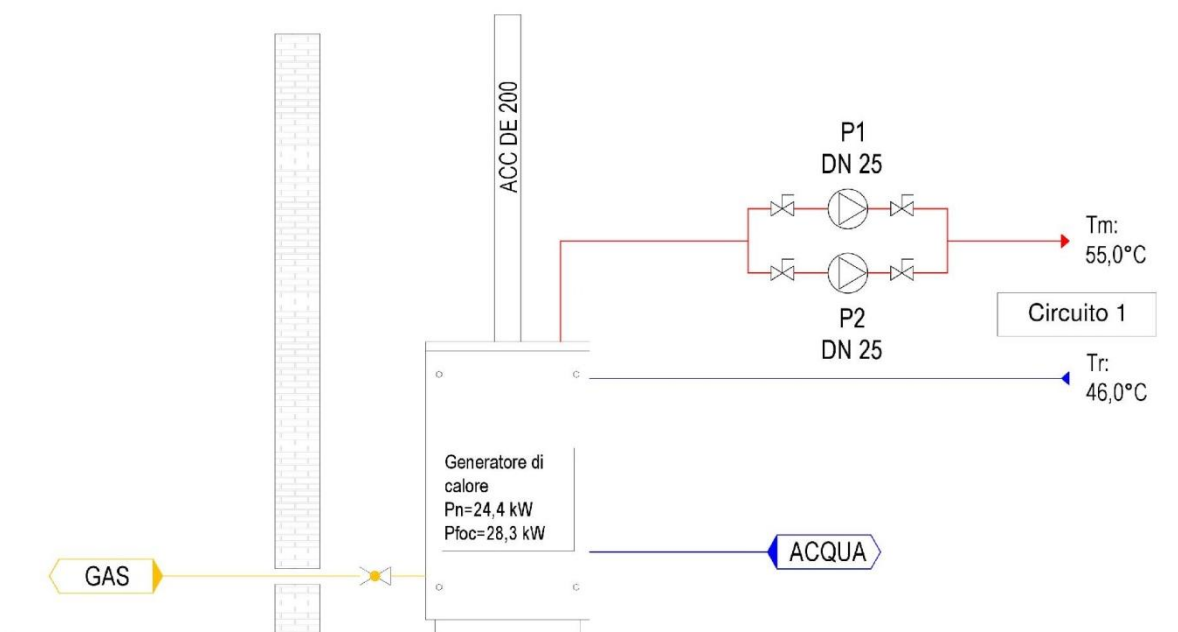
Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito di riscaldamento Scuola Media

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Circuito di riscaldamento	Mandata	Caldo	55,0	80 (1)
	Ritorno	Caldo	46,0	60 (1)

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo;

Nota (2): Generatore non in funzione al momento del sopralluogo.

Figura 4.14 - Particolare dello schema di impianto della Scuola Vespertina



Al fine di registrare le temperature dei singoli tratti all'interno della CT si è provveduto ad un rilievo puntuale mediante un termometro del tipo digitale senza contatto ad infrarossi con puntatore laser – CLASSE IIIA.

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 87%. Tale rendimento è stato calcolato mediante il metodo previsto dalle norme UNI/TS 11300-2 prospetti 21-23.

L'elenco dei componenti del sottosistema di distribuzione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.4 dell'Allegato J – Schede di Audit.

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione della Scuola Media è costituito da un generatore a basamento alimentato a gas metano con potenza termica utile pari a 700 kW, potenza termica al focolare pari a 771 kW di produzione IVAR modello SUPERAC, anno di costruzione 2007.

A servizio della Scuola Vespertina è presente un generatore a basamento alimentato a gas metano con potenza termica utile pari a 24,4 kW, potenza termica al focolare pari a 28,3 kW di produzione SANGIORGIO modello MEGA 80.

Figura 4.15 - Particolare del generatore di calore a servizio della Scuola Media



Figura 4.16 - Particolare del generatore di calore a servizio della Scuola Vespertina



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	IVAR	SUPERAC 695	2007	771 (1)	700 (1)	91% (3)	0,150 (2)
Bru 1 Riscaldamento	BALTUR	TBG 85P-V	2014	-	850 (1)	-	1,20 (1)
Gen 2 Riscaldamento	SANGIORGIO	MEGA 80	n.d.	28,3	24,4	86% (3)	0,05 (1)

Nota (1): Valore ricavato da dati di targa;

Nota (2): Valore desunto da scheda tecnica di generatore di simili caratteristiche;

Nota (3): Valore calcolato sulla base dei dati di targa.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 71%.

Si sottolinea che in sede di sopralluogo, in mancanza del libretto di impianto, non è stato possibile rilevare i dati inerenti le prove fumi.

L'elenco dei componenti del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 dell'Allegato J – Schede di Audit..

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite n.1 bollitore elettrico ad accumulo installato localmente nei servizi igienici a ad uso della Scuola Vespertina.

Figura 4.18 - Particolare del un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Rendimenti dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100% (1)	93% (1)	- (2)	- (2)	75% (1)	70% (1)

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo;

Nota (2) Sottosistema non presente.

L’elenco dei componenti dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 7 dell’Allegato J – Schede di Audit.

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione in regime estivo è effettuata grazie alla presenza di cinque pompe di calore installate esternamente agli uffici e ad un’aula della scuola media.

Figura 4.19 - Particolare del sistema monosplit



Figura 4.17 - Particolare di uno split installato a parete all'interno di un ufficio



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella tabella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Rendimenti dell'impianto di climatizzazione estiva

Sottosistema di Emissione	Sottosistema di Regolazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
97%(1)	98%(1)	100%(1)	-(2)	226%(1)	215%(1)

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo

Nota (2) Sottosistema non presente

L'elenco dei componenti dell'impianto di climatizzazione estiva rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell'Allegato J – Schede di Audit.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali PC, distributori automatici ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Scuola Vespertina	Ferro da stiro industriale	3	1.600	4.800	200
	PC	2	220	440	200
	Macchina da cucire	11	100	1.100	200
	Stampante multif.	1	300	300	50
	Stampante	1	80	80	50
Scuola Media	PC	15	220	3.300	200
	Tastiera	1	200	200	200
	Casse	2	500	1.000	200
	Stampante multif.	4	300	1200	400
	Distrib. cibi e bevande	2	500	1.000	5520
	Frigorifero	1	380	380	5520
	Distrib. caffè	1	1.350	1.350	150
	Stampante	5	80	400	200

Distruggidocumenti	1	150	150	200
LIM	5	340	1.700	200
Forno microonde	1	1.000	1.000	50

L’elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell’Allegato J – Schede di Audit.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L’impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero neon, alogene ed a basso consumo, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali:

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, nelle aule, negli uffici e nei servizi igienici;
- Proiettori alogeni installati all’interno della palestra.

Figura 4.20 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all’interno di un ufficio



L’elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
Scuola Vespertina	Tubolare	4	36 (1x36)	144
	Tubolare	32	72 (2x36)	2304
	Tubolare emergenza	4	18 (1x18)	72
Scuola Media	Tubolare	139	72 (2x36)	10008
	Tubolare	87	36 (1x36)	3132
	Tubolare	15	28 (1x28)	420
	Tubolare	32	116 (2x58)	3712
	Proiettore alogeno	16	400	6400
	Tubolare emergenza	4	18 (1x18)	72
	Tubolare	12	18 (1x18)	216
	Plafoniera LED emergenza	12	11	132

L’elenco completo dei corpi illuminanti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 10 dell’Allegato J – Schede di Audit.

Figura 4.21 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all'interno della Scuola Vespertina



Figura 4.22 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella palestra



4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE

Attualmente è presente un impianto Fotovoltaico installato sulla copertura opaca al di sopra dei locali adibiti a ristorante, con un potenza di picco di circa 20 kWp.

Il suddetto impianto è costituito da 84 moduli, installati su apposito supporto metallico e orientati a sud-ovest.

Si sottolinea che in sede di sopralluogo non è stato possibile accedere al piano di copertura per poter meglio visionare e rilevare i dati inerenti i pannelli fotovoltaici.

Figura 4.23 - Vista dell'impianto fotovoltaico



Tabella 4.14 – Caratteristiche impianto fotovoltaico

TIPO DI IMPIANTO	SUPERFICIE [mq]	TIPO DI MODULI	POTENZA INSTALLATA [kW]	RENDIMENTO IMPIANTO	ENERGIA PRODOTTA [kWh/anno]
Fotovoltaico	135,00 (1)	Policristallini (1)	19,320 (1)	83% (1)	21.728(2)

Nota (1) Valore calcolato sulla base di considerazioni effettuate in sede di sopralluogo in ragione dei dati rilevati sulle targhe dei componenti impiantisti e sui quadri elettrici;

Nota (2) Valore ricavati dal modello di calcolo.

Le caratteristiche di tali impianti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche sono riportate nella Sezione 9 dell'Allegato J – Schede di Audit.

5 CONSUMI RILEVATI

5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA

L'analisi dei consumi storici termici ed elettrici dell'edificio oggetto della DE è stata effettuata facendo riferimento al triennio 2014, 2015 e 2016.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano.

Nella Tabella 5.1 sono riportati i valori di Potere Calorifico Inferiore (PCI) forniti dalla norma UNI TS 11300-2:2014 ed utilizzati ai fini della conversione in kWh.

Tabella 5.1 – Valori di PCI utilizzati ai fini della conversione in kWh

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [kWh/kg]	DENSITÀ [kWh/Sm ³]	PCI [kWh/Nm ³]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm ³ /Nm ³]	PCI [kWh/Sm ³]
Metano	n/a	n/a	9,94 (*)	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 (*)	0,85	n/a	n/a	10,09

Nota (*) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di due contatori i quali risultano a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Scuola Media;
- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Scuola Vespertina.

L'effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all'Allegato B – Elaborati.

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base di m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

Tali consumi sono riportati nella Tabella 5.2 con indicazione dei PDR di riferimento.

Tabella 5.2 - Consumi annuali di energia termica per il triennio di riferimento – Dati forniti dalla società di distribuzione

PDR	Utilizzo	2014		2015	2016	2014	2015	2016
		[litri]	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
16220050595683	Riscaldamento	13.000	266	19.363	22.919	133.667	182.404	215.897
3270035867184	Riscaldamento		3.711	3.451	1.957	34.958	32.509	18.431

Essendo attivo per l'edificio il servizio A del SIE3 per il PDR 16220050595683 non si è svolta l'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione in quanto non sono state fornite le bollette (non in possesso della PA).

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento per il PDR 03270035867184.

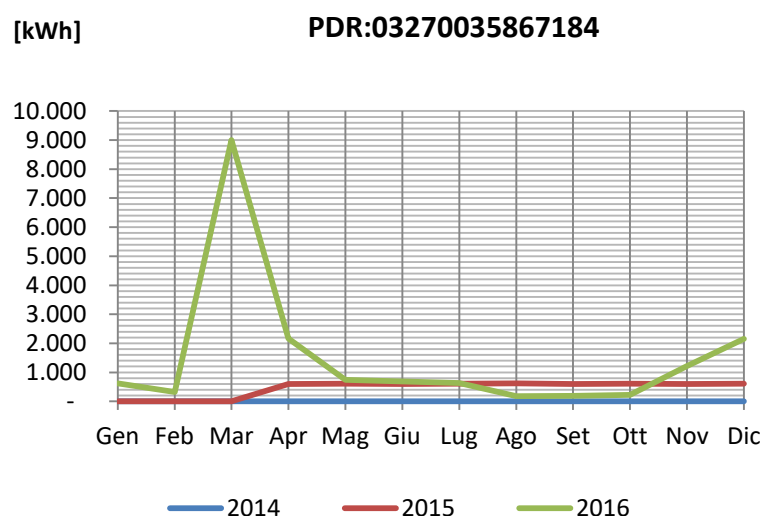
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: 03270035867184	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	-	66	-	-	622
Febbraio	-	-	34	-	-	320
Marzo	-	-	955	-	-	8.996
Aprile	-	64	230	-	603	2.167
Maggio	-	65	79	-	612	744
Giugno	-	64	73	-	603	688
Luglio	-	65	67	-	612	631
Agosto	-	66	19	-	622	179
Settembre	-	64	20	-	603	188
Ottobre	-	65	24	-	612	226
Novembre	-	64	129	-	603	1.215
Dicembre	-	65	229	-	612	2.157
Totale	-	582	1.925	-	5.482	18.134

L'andamento dei consumi mensili fatturati è riportato nei grafici in Figura 5.1.

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 19,0 Sm³, e un valore di massimo prelievo pari a 955,0 Sm³.

Considerando che i consumi di gas metano a servizio degli impianti di riscaldamento degli ambienti sono soggetti a variazioni dovute all'andamento degli effettivi dati climatici che hanno caratterizzato il triennio di riferimento, si è reso necessario riportare tali consumi ad un comportamento normalizzato e non più strettamente dipendente dalle caratteristiche climatiche dell'anno a cui si riferiscono, con lo scopo di ottenere un consumo destagionalizzato che possa poi essere utilizzato per effettuare la taratura del modello energetico di cui al capitolo 6.1.

Per effettuare tale processo di normalizzazione si sono utilizzati i GG reali del triennio di riferimento ed i GG di riferimento come valutati al Capitolo 3, definendo il fattore di normalizzazione \bar{a}_{rif} come di seguito riportato:

$$\bar{a}_{rif} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{real,i}}{\sum_{i=1}^n GG_{real,i}}$$

Dove:

$GG_{real,i}$ = Gradi giorno valutati considerando le temperature esterne reali, nell’anno *i-esimo*, così come definiti al Capitolo 3.2;

n = numero di annualità di cui si hanno a disposizione i consumi.

$Q_{real,i}$ = Consumo termico reale per riscaldamento dell’edificio nell’anno *i-esimo*, kWh/anno.

E’ ora quindi possibile valutare il consumo destagionalizzato, come di seguito riportato:

$$Q_{baseline} = \bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$$

GG_{rif} = Gradi giorno di riferimento utilizzati nella modellazione dell’edificio, così come definiti al Capitolo 3.1;

Si sottolinea che ai fini della normalizzazione e della successiva validazione del modello energetico si utilizzeranno per la definizione dei consumi reali, $Q_{real,i}$, i consumi di gas metano forniti dalla società di distribuzione.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 110 GIORNI	GG _{RIF} SU 110 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 905 GG [kWh]
2014	989	905	17.901	168.625	170,6	154.307
2015	1.004	905	22.815	214.913	214,1	193.668
2016	1.046	905	24.876	234.328	223,9	202.591
Media	1.013	905	21.864	205.955	203,3	183.936

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un generico aumento dei consumi: tale aumento è dovuto alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.5:

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	183.936
$Q_{baseline}$	183.936

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di due contatori i quali risultati a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola media
- Scuola Vespertina.

L’effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all’Allegato B – Elaborati.

L’elenco delle fatture analizzate è riportato all’Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza.

L’analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.6 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00096718	Scuola Vespertina	5.674	4.669	4.480	4.941
IT001E00096724	Scuola Media	22.847	21.824	22.912	22.528
TOTALE		28.521	26.493	27.392	VALORE MEDIO FATTURATO 27.469

Come si evince dalla Tabella 5.6 i consumi ricavati dall’analisi delle fatture, confrontati con i consumi annuali elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l’edificio oggetto della DE all’interno del file “kyotoBaseline-EXXXX”, presentano alcune differenze come di seguito riassunto:

- Per il 2014 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore dell’8% circa per il POD IT001E00096718 e coincidente per il POD IT001E00096724;
(valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 6.149 kWh e 22.847 kWh)
- Per il 2015 l’analisi delle fatture ha prodotto dati inferiori del 2% circa per il POD IT001E00096718 e del 5% circa per il POD IT001E00096724;
(valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 4.758 kWh e 23.059 kWh)
- Per il 2016 l’analisi delle fatture ha prodotto dati inferiori dell’8% circa per il POD IT001E00096718 e del 9% circa per il POD IT001E00096724;
(valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 4.866 kWh e 25.109 kWh)

Il dato medio desumibile dall’analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 5% in meno (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 28.930 kWh).

Considerando che lo scostamento fra il dato ottenuto a seguito dell’analisi della fatturazione e quello fornito dalla PA nel file “kyotoBaseline-EXXXX” è inferiore al 10%, si è deciso di utilizzare il dato fornito dalla PA per la validazione del modello energetico. Pertanto, si assume come valore di baseline 28.930 kWh.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096718	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	488	107	210	805
Feb - 14	496	97	161	754
Mar - 14	498	98	163	759
Apr - 14	398	43	74	515
Mag - 14	414	26	45	485
Giu - 14	370	24	41	435
Lug - 14	31	21	37	89
Ago - 14	27	20	38	85
Set - 14	406	23	40	469
Ott - 14	427	27	40	494
Nov - 14	333	22	42	397
Dic - 14	314	27	46	387
Totale	4.202	535	937	5.674
POD: IT001E00096718	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	372	27	51	450
Feb - 15	366	28	39	433
Mar - 15	408	25	42	475
Apr - 15	394	30	45	469
Mag - 15	394	31	39	464
Giu - 15	381	24	38	443
Lug - 15	27	19	33	79
Ago - 15	23	17	37	77
Set - 15	406	27	36	469
Ott - 15	399	30	56	485
Nov - 15	386	30	54	470
Dic - 15	271	24	60	355
Totale	3.827	312	530	4.669
POD: IT001E00096718	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	336	26	66	428
Feb - 16	400	25	62	487
Mar - 16	383	28	64	475
Apr - 16	350	27	61	438
Mag - 16	415	31	58	504
Giu - 16	370	31	51	452
Lug - 16	25	19	38	82
Ago - 16	29	20	36	85
Set - 16	375	22	29	426
Ott - 16	345	15	25	385
Nov - 16	316	16	25	357
Dic - 16	312	18	31	361
Totale	3.656	278	546	4.480

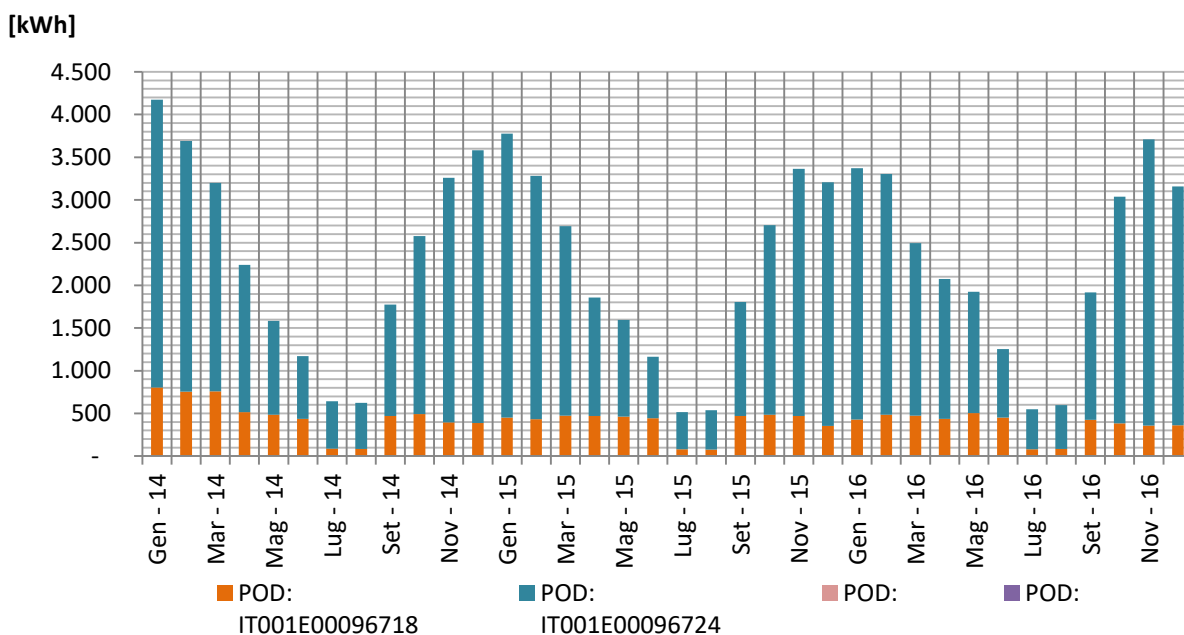


E1143 – Scuola media “Caffaro” e scuola vespertina “Cavacciuti”

POD: IT001E00096724	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.369	503	497	3.369
Feb - 14	2.082	536	319	2.937
Mar - 14	1.600	515	325	2.440
Apr - 14	1.036	402	288	1.726
Mag - 14	483	361	256	1.100
Giu - 14	227	237	274	738
Lug - 14	142	170	241	553
Ago - 14	132	158	248	538
Set - 14	684	355	268	1.307
Ott - 14	1.263	537	284	2.084
Nov - 14	1.952	528	382	2.862
Dic - 14	1.986	649	558	3.193
Totale	13.956	4.951	3.940	22.847
POD: IT001E00096724	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.187	626	514	3.327
Feb - 15	1.914	641	292	2.847
Mar - 15	1.335	540	342	2.217
Apr - 15	666	429	293	1.388
Mag - 15	600	314	217	1.131
Giu - 15	294	238	187	719
Lug - 15	63	163	209	435
Ago - 15	106	147	206	459
Set - 15	788	352	194	1.334
Ott - 15	1.377	544	298	2.219
Nov - 15	2.055	534	306	2.895
Dic - 15	2.014	516	323	2.853
Totale	13.399	5.044	3.381	21.824
POD: IT001E00096724	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.103	516	323	2.942
Feb - 16	1.974	520	324	2.818
Mar - 16	1.215	482	324	2.021
Apr - 16	862	480	295	1.637
Mag - 16	887	326	208	1.421
Giu - 16	312	293	196	801
Lug - 16	96	151	221	468
Ago - 16	143	143	225	511
Set - 16	769	426	296	1.491
Ott - 16	1.837	516	300	2.653
Nov - 16	2.415	621	315	3.351
Dic - 16	2.026	483	289	2.798
Totale	14.639	4.957	3.316	22.912

Considerando la presenza di più POD a servizio dell’ edificio oggetto della DE si riporta nella Figura 5.2 si riporta un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.2 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento.

Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8 bis.

Tabella 5.8 - Consumi mensili fatturati

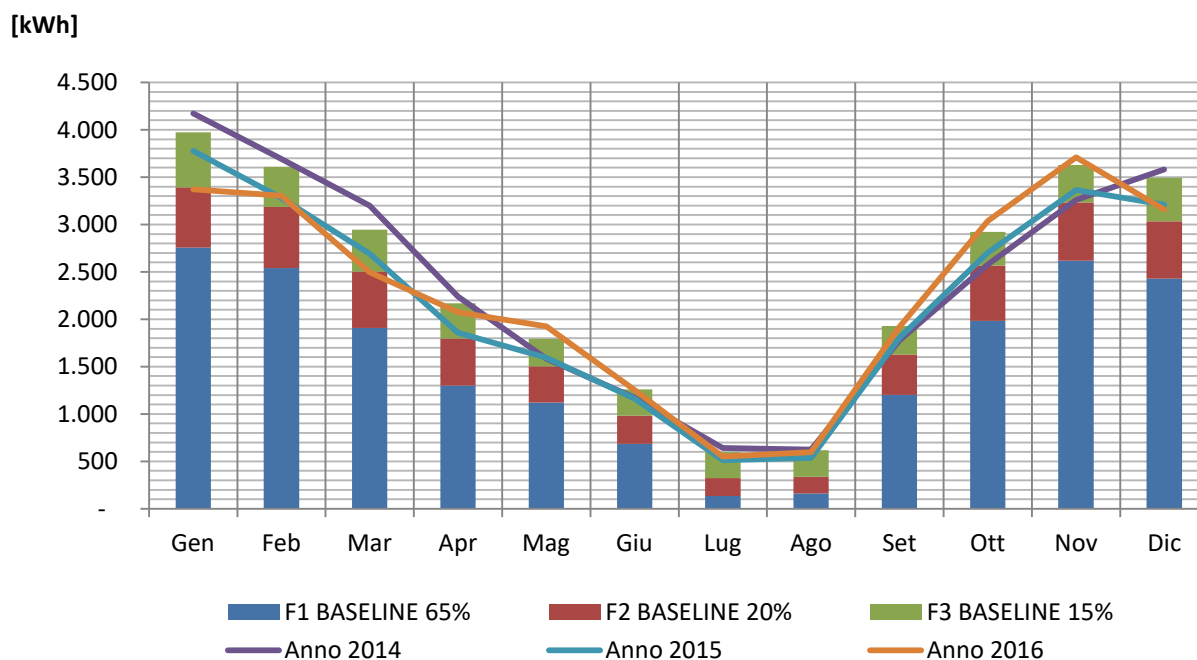
	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.618	602	554	3.774
Febbraio	2.411	616	399	3.425
Marzo	1.813	563	420	2.796
Aprile	1.235	470	352	2.058
Maggio	1.064	363	274	1.702
Giugno	651	282	262	1.196
Luglio	128	181	260	569
Agosto	153	168	263	585
Settembre	1.143	402	288	1.832
Ottobre	1.883	556	334	2.773
Novembre	2.486	584	375	3.444
Dicembre	2.308	572	436	3.316
Totale	17.893	5.359	4.217	27.469

Tabella 5.8 bis - Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.758	634	583	3.974
Febbraio	2.539	648	420	3.608
Marzo	1.909	593	442	2.944
Aprile	1.301	495	371	2.167
Maggio	1.121	382	289	1.792
Giugno	686	297	276	1.260
Luglio	135	191	273	599
Agosto	161	177	277	616
Settembre	1.203	423	303	1.929
Ottobre	1.983	586	352	2.921
Novembre	2.618	615	395	3.627
Dicembre	2.430	603	459	3.492
Totale	18.845	5.644	4.441	28.930

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.3.

Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con l'utilizzo del fabbricato. La presenza di una base di consumo sempre presente anche in assenza di utilizzo dell'immobile potrebbe essere imputata ad alcune fra le seguenti cause:

- Presenza di attrezzature elettriche, come peraltro già definite nel paragrafo 4.5 e dettagliatamente nella tabella 4.13, che potrebbero non essere staccate dalla rete quando la scuola è chiusa come ad esempio i distributori automatici, i pc e le stampanti lasciati in standby;
- Presenza di punti luce interni che rimangono accesi;

- Presenza di punti luce esterni che vengono accesi anche nei periodi in cui l’edificio non è utilizzato;
- Utilizzo da parte di utenti terzi dell’edificio.

Non è stato possibile rilevare il prelievo di potenza massima in quanto, come mostrato nella figura seguente, il dato di prelievo di potenza non è disponibile sul sito E-distribuzione per il POD in esame.

POD	Indirizzo Fornitura	
IT001E00096724	V CERTOSA,SNC - 16159 GENOVA	ATTIVO

Dettaglio - Le Mie Letture

Il servizio Le Mie Letture permette di consultare o scaricare le letture associate ad un POD per il periodo di riferimento scelto. Le letture reali rappresentano il dato rilevato dal distributore sul contatore alla data di riferimento della lettura. Le letture stimate sono calcolate dal distributore ai sensi della delibera AEEGSI 65/12. I dati non comprendono le autoletture, le letture cioè comunicate dal Cliente al Venditore. Per visualizzare le letture è sufficiente inserire Inizio periodo, fine periodo, utilizzando l'apposito calendario e premere il pulsante Esegui. È possibile vedere le letture fino a un anno indietro per non più di 6 mesi alla volta.

Periodo Visualizzazione

Inizio Periodo: 31/05/2017

Fine Periodo: 31/10/2017

Esegui

Visualizzazione e Download

Invia mail con file dati Scarica file

Data Lettura	Codice Misuratore	Matricola Misuratore	Costante Misuratore	Tipo Dato	Energia Attiva Fascia 1 (kWh)	Energia Attiva Fascia 2 (kWh)	Energia Attiva Fascia 3 (kWh)	Energia Reattiva Fascia 1 (kVARh)	Energia Reattiva Fascia 2 (kVARh)	Energia Reattiva Fascia 3 (kVARh)	Potenza Fascia 1 (kW)	Potenza Fascia 2 (kW)	Potenza Fascia 3 (kW)
31/05/2017	12E5F5521	01038513	1	REALE	55534	18480	13104	10884	2470	1250	-	-	-
30/06/2017	12E5F5521	01038513	1	REALE	55867	18666	13235	10927	2480	1251	-	-	-
31/07/2017	12E5F5521	01038513	1	REALE	56016	18866	13512	10943	2486	1259	-	-	-
31/08/2017	12E5F5521	01038513	1	REALE	56153	19312	14385	10950	2488	1259	-	-	-
30/09/2017	12E5F5521	01038513	1	REALE	56884	20231	15703	10986	2507	1262	-	-	-
31/10/2017	12E5F5521	01038513	1	REALE	58072	21213	17123	11012	2521	1264	-	-	-

Legenda:

Letture reale: lettura rilevata dal distributore alla data indicata

Letture stimata: lettura calcolata dal distributore.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

L'esito della DE deve inoltre consentire la valutazione del fabbisogno energetico caratteristico del sistema edificio-impianto ed individuare gli indicatori specifici di performance energetica ed ambientale caratteristici della prestazione energetica dell'edificio, rispetto ai consumi energetici reali.

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
Gasolio	* 0,267

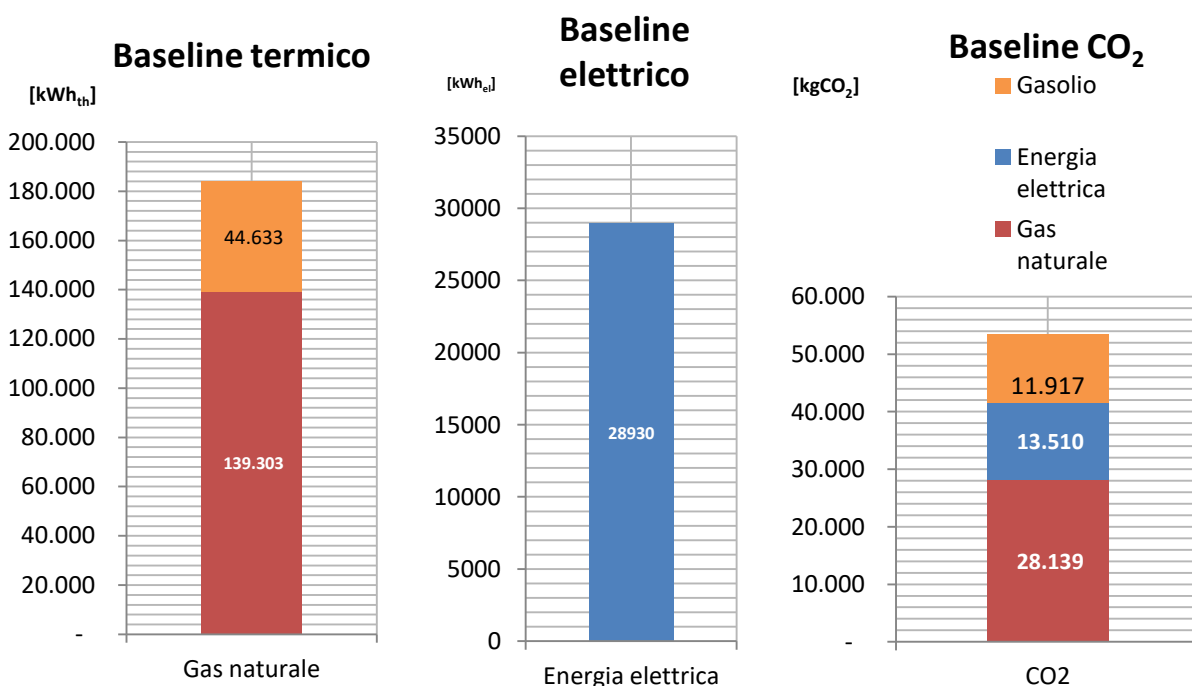
* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂, e nella Figura 5.4.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	28.930	* 0,467	13,510
Gas naturale	139.303	* 0,202	28,139
Gasolio	44.633	* 0,267	11,917

Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.



Ai fini del calcolo degli indici di performance è necessario effettuare la conversione dei consumi di baseline in energia primaria, utilizzando i fattori di conversione indicati dal Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 “Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici” nell’Allegato 1-Tabella 1.

Tabella 5.11 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F _{P,nren}	F _{P,ren}	F _{P,tot}
Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42
Gasolio	1,07	0	1,07

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	2.873	m ²

FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.950 m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	14.298 m ³

Nella Tabella 5.13 e Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di Audit.

Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	139.303	1,05	146.268	50,9	49,6	10,2	9,79	9,54	1,97
Energia elettrica	28.930	2,42	70.011	24,4	23,7	4,9	4,70	4,58	0,94
Gasolio	44.633	1,07	47.757	16,6	16,2	3,3	4,15	4,04	0,83
TOTALE			264.036	92	90	18	19	18	4

Tabella 5.14 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	139.303	1,05	146.268	50,9	49,6	10,2	9,79	9,54	1,97
Energia elettrica	28.930	1,95	56.414	19,6	19,1	3,9	4,70	4,58	0,94
Gasolio	44.633	1,07	47.757	16,6	16,2	3,3	4,15	4,04	0,83
TOTALE			250.439	87	85	18	19	18	4

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

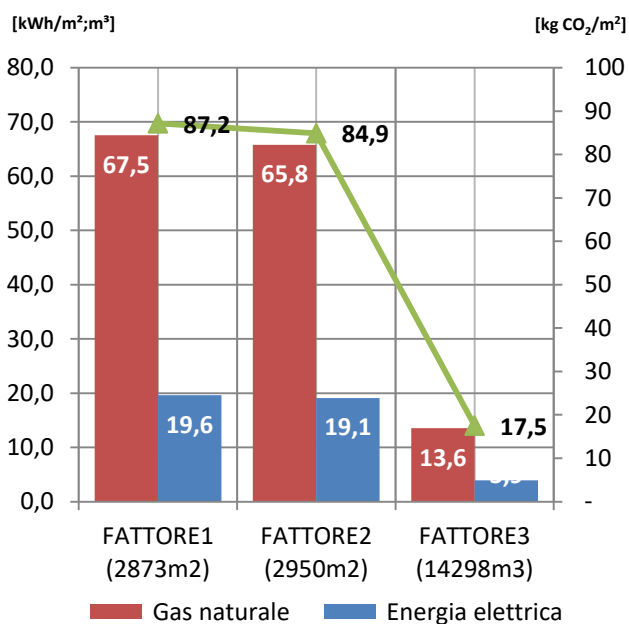
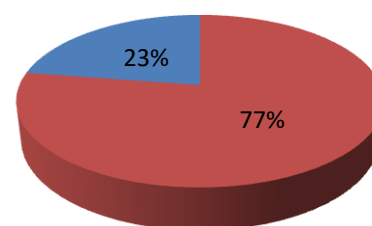
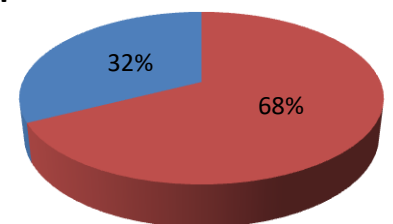


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



Trattandosi di edifici scolastici, in particolare si sono determinati i due seguenti indici, definiti all’interno delle Linee Guida ENEA- FIRE “Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole”

L’indicatore introdotto dalla Guida ENEA-FIRE si basa sui consumi di energia per gas naturale normalizzati in funzione dei seguenti fattori di aggiustamento:

- Fattore di forma dell’edificio, rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato S/V (fattore F_e);
- Ore di occupazione dell’edificio scolastico (fattore F_h);
- Gradi Giorno convenzionali della località (1435 GG) così come definiti D.P.R. 412/93 - allegato A
- Volume riscaldato (V_{risc}).

La formula definita è sotto riportata:

$$IEN_R = \frac{\text{Consumo_annuo_riscaldamento} \times F_e \times F_h \times 1000}{GG \times V_{risc}}$$

L’indicatore di performance energetico definito dalla Guida ENEA – FIRE per i consumi di energia elettrica è un semplice indicatore normalizzato sui seguenti fattori:

- Superficie lorda ai piani dell’edificio A_p ;
- Fattore F_h relativo all’orario di occupazione, così come precedentemente

La formula per il calcolo dell’indice è la seguente:

$$IEN_E = \frac{\text{Consumo_energia_elettrica} \times F_h}{A_p}$$

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	5,917	7,542	8,223	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	7,419	7,117	7,402

La valutazione dei consumi energetici specifici (IEN) calcolati per la scuola in esame avviene paragonandoli ai consumi specifici di riferimento relativi ad un campione significativo della realtà nazionale.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i consumi specifici di riferimento organizzati per tipologia scolastica e per classe di merito rispetto alla qualità energetica.

In particolare la classe di merito della scuola in esame si individua in base alla collocazione nelle tabelle di riferimento dello IEN calcolato; tali parametri sono riportati nell’Allegato M – Report di Benchmark.

Tabella 5.16 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento

	$Wh_t / m^3 \times GG \times \text{anno}$		
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 18,5	da 18,5 a 23,5	maggiore di 23,5
Elementari	minore di 11,0	da 11,0 a 17,5	maggiore di 17,5
Medie, Secondarie Sup.	minore di 11,5	da 11,5 a 15,5	maggiore di 15,5

Tabella 5.17 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica

	$kWh_e / m^2 \times \text{anno}$		
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 11,0	da 11,0 a 16,5	maggiore di 16,5
Elementari, Medie, Secondarie Sup. tranne Ist.Tecn.Ind. e Ist.Prof.Ind.	minore di 9,0	da 9,0 a 12,0	maggiore di 12,0
Ist.Tecn. Ind., Ist. Prof. Ind.	minore di 12,5	da 12,5 a 15,5	maggiore di 15,5

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti è stato necessario predisporre un modello energetico (termico ed elettrico) redatto ai sensi della normativa regionale e nazionale vigente per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Relativamente all’involucro edilizio esso è stato determinato considerando le composizioni e gli spessori di ciascun elemento opaco e trasparente, i ponti termici e in generale tutti gli elementi che concorrono alla determinazione delle dispersioni e dunque del fabbisogno in accordo alle Norme UNI-TS 11300-1:2014 per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Gli impianti termici ed elettrici sono stati simulati considerando le caratteristiche dei vari sottosistemi impiantistici presenti, secondo quanto previsto dalle norme UNI-TS 11300-2:2014, UNI-TS 11300-3:2010, UNI-TS 11300-4:2016, UNI-TS 11300-5:2016 e UNI-TS 11300-6:2016.

La creazione di un modello energetico dell’edificio oggetto della DE ha fornito come output un profilo di fabbisogno energetico valutato in condizioni standard di utilizzo dell’edificio come definite dal prospetto 2 della norma UNITS 11300 parte 1, considerando le temperature esterne come definite dalla norma UNI 10349:2016 e con una durata del periodo di riscaldamento come da DPR 74/2013

Nella Tabella 6.1 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell’edificio.

Tabella 6.1 – Indicatori di performance energetica e ambientali ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità standard di utilizzo)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	245,6989	235,6222
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	226,7940	225,8646
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,6475	0,5218
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0,7157	0,1434
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	17,8117	9,0925
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	54,77	50,18

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.2

Tabella 6.2 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità standard di utilizzo)

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	65.089	643.795
Energia Elettrica	-	67.776

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto dei fabbisogno energetici risultati dal modello con i consumi energetici di baseline, secondo il seguente criterio di congruità:

$$\frac{|E_{teorico} - E_{baseline}|}{E_{teorico}} \times 100 \leq 5\%$$

Dove:

- $E_{teorico}$ è il fabbisogno teorico di energia dell’edificio, come calcolato dal software di simulazione;
 - Nel caso di consumo termico, $E_{teorico}$ è assunto pari al fabbisogno di energia per la combustione ($Q_{gn,in}$) così come definito dalla norma UNI TS 11300 parte 2;
 - Nel caso di consumo elettrico, $E_{teorico}$ è assunto pari al fabbisogno complessivo di energia elettrica prelevata dalla rete (EE_{in}) valutata come sommatoria dei contributi riportati nella Tabella 6.3;

- $E_{baseline}$ è il consumo energetico reale di baseline dell’edificio assunto rispettivamente pari al $Q_{baseline}$ e a $EE_{baseline}$

Tale criterio di congruità deve, pertanto, essere soddisfatto sia per il consumo termico, che per il consumo elettrico.

Tabella 6.3 – Elenco dei fabbisogni che contribuiscono alla valutazione del fabbisogno complessivo di energia elettrica prelevata dalla rete

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c,aux}$
Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor sulla base delle ore di funzionamento dei singoli apparecchi e della loro potenza di targa come indicato nella tabella 4.13 - Elenco caratteristiche altre utenze elettriche.

6.1.1 Validazione del modello termico

A seguito della realizzazione del modello valutato secondo le modalità “Standard” di utilizzo (Asset Rating), si è provveduto ad effettuare una modellazione dell’edificio in modalità “Adattata all’utenza” (Tailored Rating) così come definita al prospetto 2 della UNI TS 11300-1:2014.

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando che l’impianto ha una gestione del tipo intermittente, secondo la definizione delle UNI TS 11300, e che dunque non è in funzione tutti i giorni della settimana.

Nella Tabella 6.4 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell’edificio in modalità “Adattata all’utenza”.

Tabella 6.4 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all’utenza)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	89,2048	79,6678
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	69,0621	68,5813
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,6475	0,5218
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0,8111	0,2745
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	18,6840	10,2903
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-

Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	23,36	19,03
------------------------------	-------------------	------------	-------	-------

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5. Inoltre si fa presente che gli indici calcolati sono paragonabili a quelli calcolati nelle tabelle 5.13 e 5.14. Le incongruenze nell'ordine del 10% sono riconducibili alla porzione di energia elettrica imputabile alle FEM così come calcolate nel paragrafo 4.5 e non inserite all'interno del modello di calcolo.

Tabella 6.5 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	19.623	184.866
Energia Elettrica	-	28.833

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 5.1.1 ed il fabbisogno teorico ($Q_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

Tabella 6.6 – Validazione del modello energetico termico (valutazione adattata all'utenza)

$Q_{teorico}$ [kWh/anno]	$Q_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
184.866	183.936	0,5

Dall'analisi effettuata è emerso che il modello valutato in “Modalità adattata all'utenza” risulta validato.

6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($EE_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico ($EE_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

Tabella 6.7 – Validazione del modello energetico elettrico (valutazione in modalità adattata all'utenza)

$EE_{teorico}$ [kWh/anno]	$EE_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
28.833	28.930	1,0

Dall'analisi effettuata è emerso che il modello risulta validato.

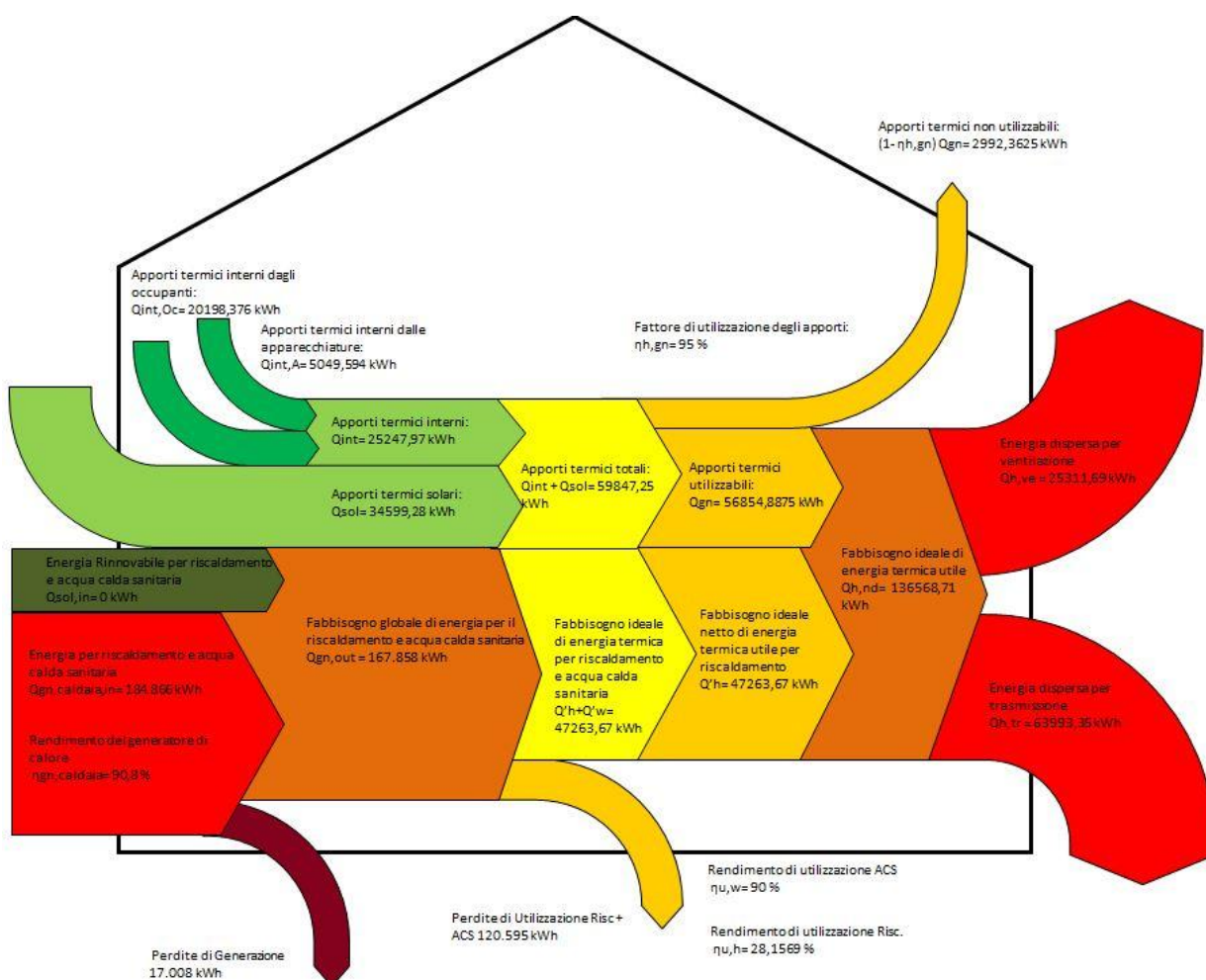
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale i consumi specifici, le criticità e gli interventi da considerare, sia per quanto riguarda il bilancio termico, sia per quanto riguarda il bilancio elettrico.

A conclusione della procedura di calcolo del fabbisogno di energia primaria, i risultati del bilancio energetico sono quindi stati rappresentati mediante diagrammi di Sankey.

I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

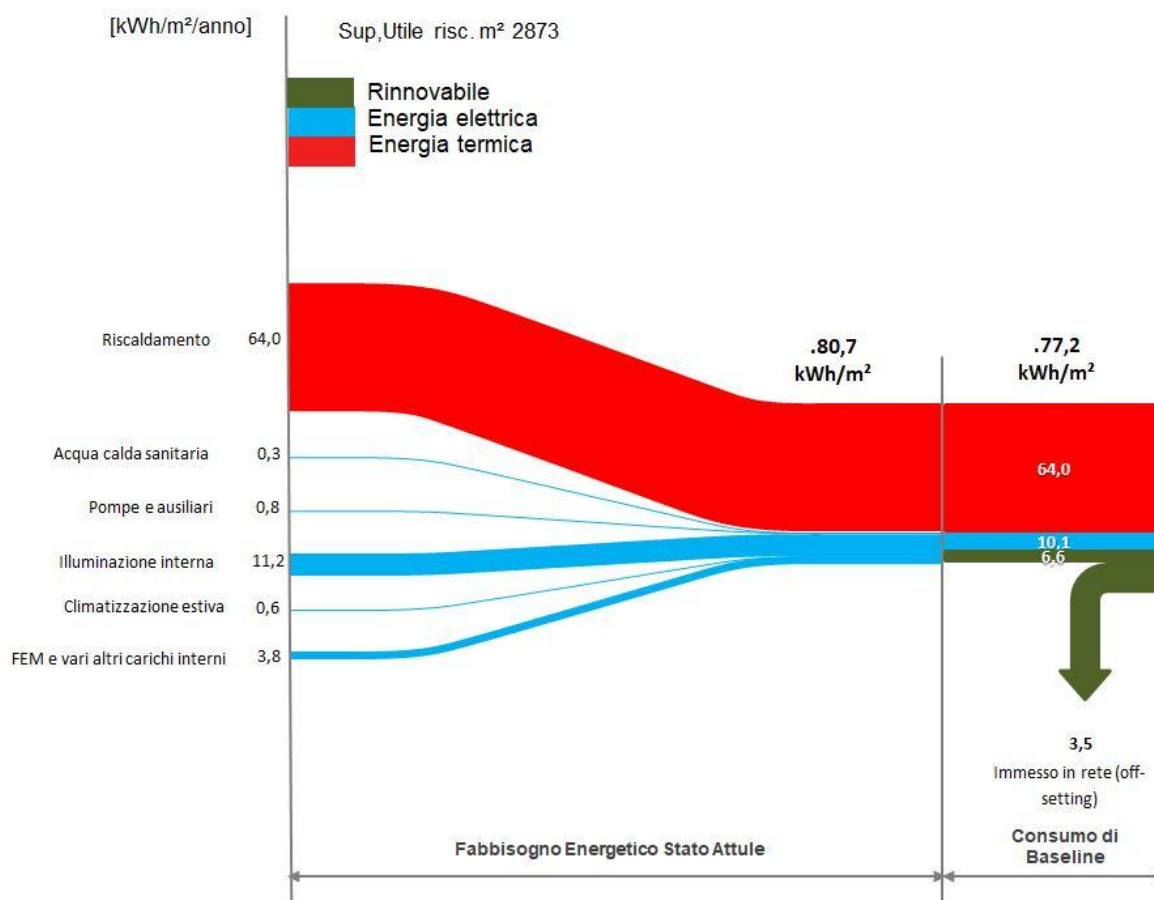
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che le perdite di generazione sono notevoli e che le dispersioni per trasmissione sono più del triplo delle perdite per ventilazione.

E' quindi possibile creare un bilancio energetico complessivo dell'edificio, riportato nella Figura 6.2.

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell’edificio allo stato attuale



I consumi specifici rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m² anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

Il contributo definito come “Altro – Congruità” è valutato in due modi differenti a seconda che i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati o meno rispetto alla Baseline.

Nel caso in cui i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati rispetto alla Baseline, i consumi specifici riportati nel diagramma vengono rappresentati come dei consumi normalizzati al baseline.

Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

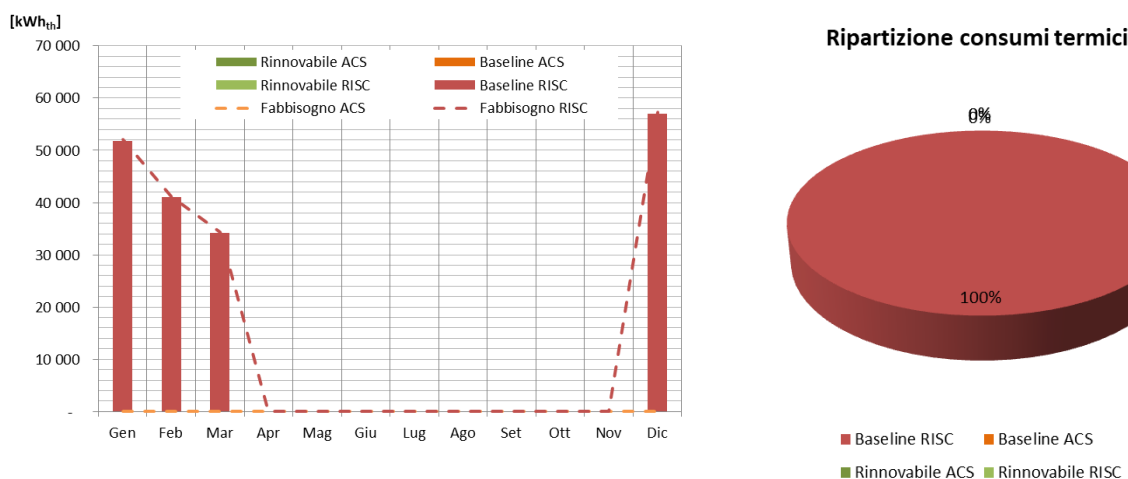
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il maggior quantitativo di energia è impiegato per il riscaldamento degli ambienti.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all’interno dell’edificio oggetto della DE. Tale profilo può essere confrontato con il profilo mensile del che si otterrebbe tramite la normalizzazione dei consumi di Baseline attraverso l’utilizzo dei GG di riferimento di cui al Capitolo 3.1.

Il confronto tra i due profili è riportato in Figura 6.3.

Figura 6.3 – Confronto tra il profilo mensile del Baseline Termico e il profilo mensile dei GG rif



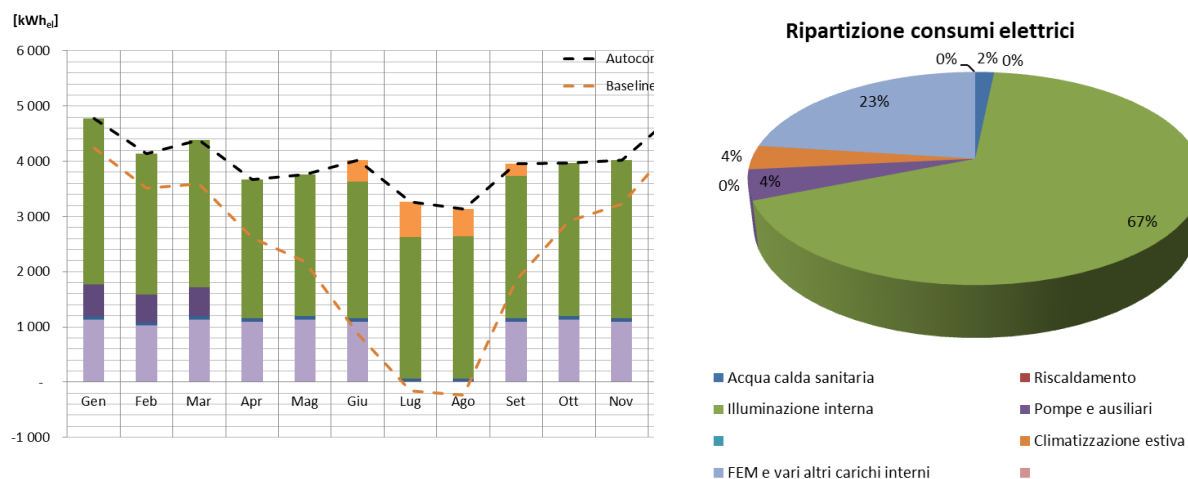
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi al riscaldamento degli ambienti della scuola, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente i componenti di tale impianto.

Anche relativamente all’analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione. Si precisa inoltre che alla categoria “FEM e vari altri carichi interni” è stato attribuito il valore di 10.987 kWh, valore derivato dall’utilizzo delle apparecchiature elettriche presenti all’interno della scuola per i tempi stimati e definiti in tabella 4.13 (Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche).

Si è inoltre effettuato un confronto grafico tra i profili mensili ottenuti dalla modellazione elettrica ed i profili mensili di Baseline.

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

Figura 6.4 – Andamento mensile dei consumi elettrici ricavati dalla modellazione energetica, ripartiti tra i vari utilizzi



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all’impianto di illuminazione degli ambienti.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

L'analisi dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici dell'edificio riguarda le annualità per le quali sono stati rilevati i consumi storici, pertanto si assumono come periodo di riferimento gli anni 2014 – 2015 – 2016.

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite due contratti differenti per i due PDR presenti all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 16220050595683: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;
- PDR 2 – 3270035867184: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore termico per il triennio di riferimento

PDR: 3270035867184	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA CERTOSA 15/A GENOVA GE 16159				
Dati di intestazione fattura	N.D.	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE
Società di fornitura	N.D.	N.D.	ENI SPA DIVISIONE GAS & POWER	ENI SPA DIVISIONE GAS & POWER	Energetic S.p.A.
Inizio periodo fornitura	N.D.	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	N.D.	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Classe del contatore	N.D.	N.D.	G0004	G0004	G0004
Tipologia di contratto	N.D.	N.D.	Utente con attività di servizio pubblico	Utente con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	N.D.	N.D.	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	N.D.	N.D.	1,023328	1,023328	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	N.D.	N.D.	38,190mJ/MC	38,190mJ/MC	38.866,000 kJ/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile (*)	N.D.	N.D.	0,02906 €/kWh	0,02734 €/kWh	0,02267 €/kWh

Nota (*) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (*): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Nella Tabella 7.2 si riporta l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di rierimento

PDR: 3270035867184	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-
PDR: 3270035867184	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	18	4	7	14	9	52	603	0,087
Maggio	18	4	8	14	10	53	612	0,086
Giugno	18	4	7	14	9	52	603	0,086
Luglio	18	4	8	14	9	52	612	0,085
Agosto	18	4	8	14	10	53	622	0,085
Settembre	17	4	7	14	9	51	603	0,085
Ottobre	18	4	8	14	9	52	612	0,085
Novembre	17	4	7	14	9	51	603	0,085
Dicembre	17	4	6	14	9	50	612	0,081
Totale	159	35	66	123	84	467	5.482	0,085
PDR: 3270035867184	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	17	4	9	12	9	50	622	0,080
Febbraio	9	4	5	6	5	28	320	0,088
Marzo	246	4	136	167	122	675	8.996	0,075
Aprile	46	27	28	49	33	183	2.167	0,084
Maggio	16	27	10	15	15	83	744	0,111
Giugno	15	27	9	14	14	79	688	0,115
Luglio	14	27	8	13	14	76	631	0,121
Agosto	4	27	2	4	8	45	179	0,251

E1143 – Scuola media “Caffaro” e scuola vespertina “Cavacciuti”

Settembre	4	27	3	4	8	46	188	0,242
Ottobre	6	27	3	5	9	49	226	0,216
Novembre	30	27	16	25	22	119	1.215	0,098
Dicembre	52	27	29	45	34	186	2.157	0,086
Totale	457	252	259	359	292	1.619	18.134	0,089

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall’Autorità per l’energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI).

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l’andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell’anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall’AEEGSI.

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il triennio di riferimento e per il 2017

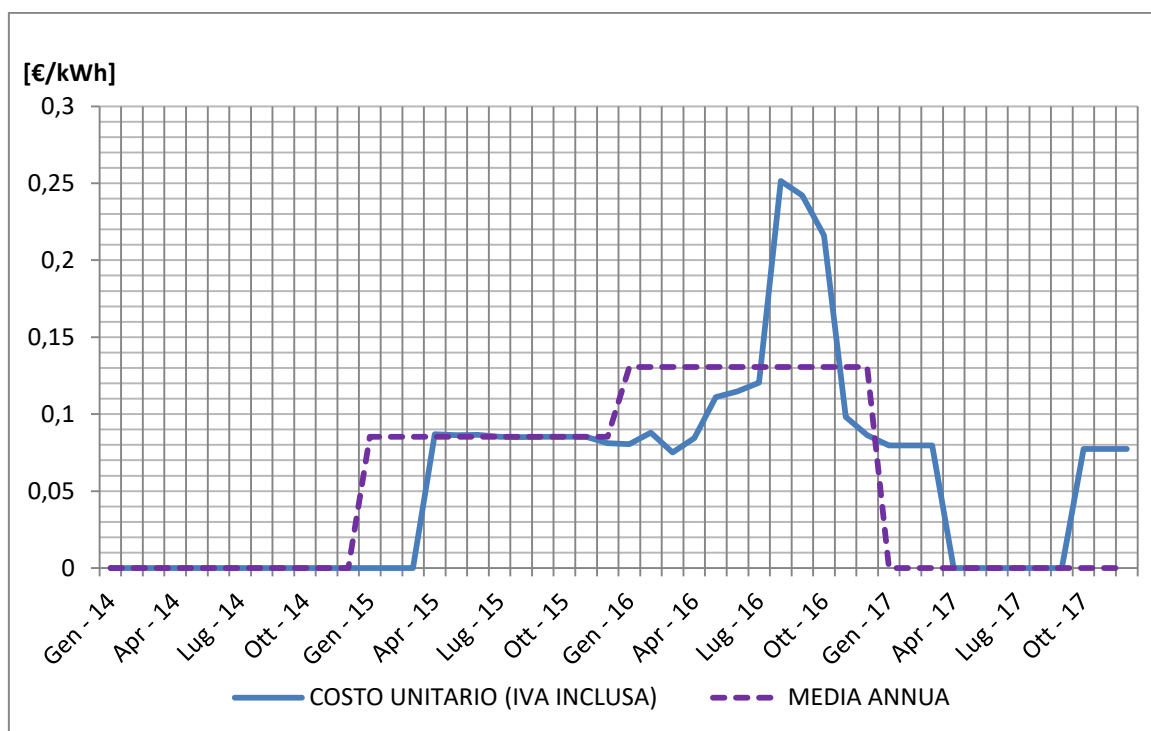
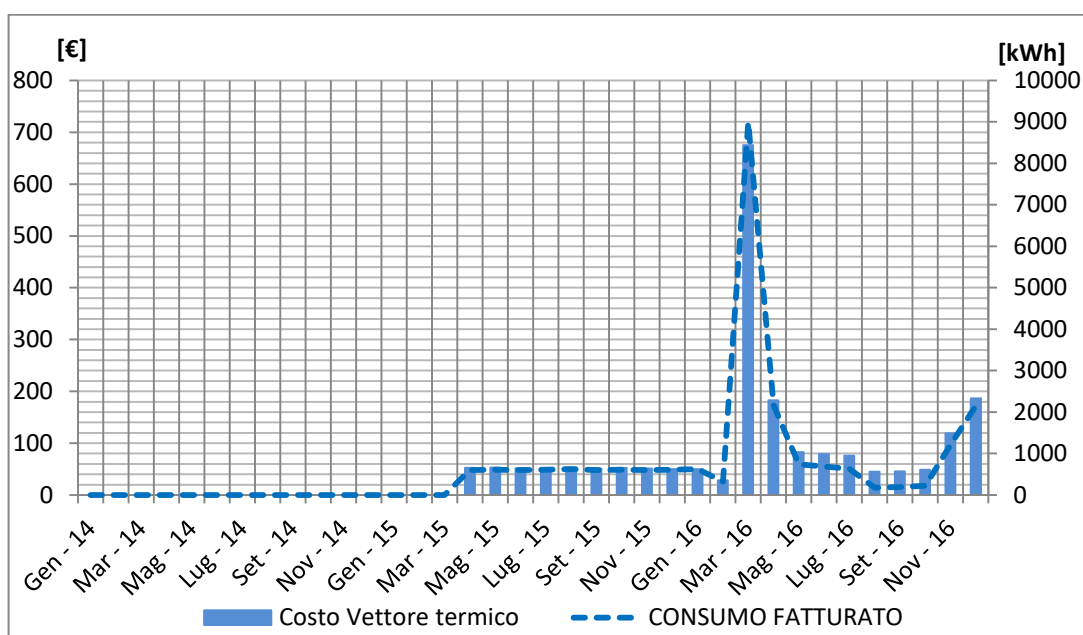


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite due contratti differenti per i tre POD presenti all’interno dell’edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00096718: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E’ stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura;
- POD 2 – IT001E00096724: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E’ stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.3 e nella Tabella 7.4 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.3 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096718	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA PIETRO BORSIERI 11 GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE
Società di fornitura	Edison	Edison	GALA	GALA	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	10,00 kW	10,00 kW	10,00 kW	10,00 kW	10,00 kW
Potenza elettrica disponibile	11,00 kW	11,00 kW	11,00 kW	11,00 kW	11,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA4	BTA4	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del fornitura dell’energia elettrica ⁽²⁾	0,07501 €/kWh	0,07656 €/kWh	0,03597 €/kWh	0,03136 €/kWh	0,04785 €/kWh

Nota (1) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (2): con prezzo di fornitura s’intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l’uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Tabella 7.4 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096724	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA PIETRO BORSIERI 11 GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE
Società di fornitura	Edison	Edison	GALA	GALA	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	22,00 kW	22,00 kW	20,00 kW	20,00 kW	20,00 kW
Potenza elettrica disponibile	22,00 kW	22,00 kW	22,00 kW	22,00 kW	22,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA46	BTA6	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,07437 €/kWh	0,07511 €/kWh	0,07440 €/kWh	0,02801 €/kWh	0,02822 €/kWh

Nota (1) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (2): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Nella Tabella 7.5 e nella Tabella 7.6 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.5 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00096 718	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	59	9	102	10	40	219	805	0,272
Feb – 14	56	9	98	9	38	210	754	0,279
Mar – 14	56	9	99	9	38	211	759	0,279
Apr – 14	39	7	81	6	29	162	515	0,315
Mag – 14	37	8	79	6	29	159	485	0,327
Giu – 14	33	7	53	5	22	120	435	0,275
Lug – 14	6	1	49	1	13	69	89	0,779
Ago – 14	6	1	48	1	12	69	85	0,810
Set – 14	36	7	78	6	28	155	469	0,330
Ott – 14	38	7	80	6	29	160	494	0,323
Nov – 14	30	5	73	5	25	138	397	0,348
Dic – 14	29	5	72	5	11	122	387	0,316
Totale	426	74	911	71	313	1.794	5.674	0,316

E1143 – Scuola media “Caffaro” e scuola vespertina “Cavacciuti”

POD: IT001E00096 718	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	34	5	116	6	16	178	450	0,395
Feb – 15	33	5	82	5	13	138	433	0,319
Mar – 15	36	6	83	6	13	144	475	0,304
Apr – 15	19	5	85	6	12	127	469	0,270
Mag – 15	18	5	82	6	11	122	464	0,263
Giu – 15	17	5	83	6	11	121	443	0,274
Lug – 15	3	1	47	1	5	57	79	0,726
Ago – 15	3	1	55	1	6	66	77	0,857
Set – 15	18	5	78	6	11	118	469	0,253
Ott – 15	15	5	90	6	12	128	485	0,263
Nov – 15	15	5	89	6	11	126	470	0,268
Dic – 15	11	4	79	4	10	109	355	0,306
Totale	223	53	969	58	130	1.434	4.669	0,307
POD: IT001E00096 718	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	13	4	80	5	10	113	428	0,264
Feb – 16	13	5	87	6	11	122	487	0,251
Mar – 16	18	5	101	6	13	143	475	0,300
Apr – 16	14	7	78	5	11	116	438	0,264
Mag – 16	18	8	104	6	14	150	504	0,297
Giu – 16	18	7	100	6	13	144	452	0,317
Lug – 16	4	2	71	1	8	85	82	1,037
Ago – 16	3	2	71	1	8	85	85	1,000
Set – 16	20	9	98	5	13	145	426	0,341
Ott – 16	23	6	95	5	13	141	385	0,367
Nov – 16	24	6	92	4	13	140	357	0,391
Dic – 16	23	6	93	5	13	139	361	0,385
Totale	191	67	1.069	56	138	1.522	4.480	0,340

Tabella 7.6 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00096 724	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	253	36	321	42	143	795	3.369	0,236
Feb – 14	223	31	288	37	127	706	2.937	0,240
Mar – 14	183	26	251	31	108	599	2.440	0,245
Apr – 14	128	18	197	22	80	446	1.726	0,258
Mag – 14	80	12	152	14	57	314	1.100	0,286
Giu – 14	52	8	124	9	42	235	738	0,319
Lug – 14	38	6	110	7	35	196	553	0,354
Ago – 14	37	6	109	7	35	192	538	0,358
Set – 14	96	14	168	16	65	359	1.307	0,275
Ott – 14	156	22	229	26	95	528	2.084	0,254
Nov – 14	216	31	296	36	127	705	2.862	0,246
Dic – 14	237	34	315	40	63	689	3.193	0,216
Totale	1.699	244	2.558	286	978	5.764	22.847	0,252
POD: IT001E00096 724	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	249	39	322	42	65	717	3.327	0,216
Feb – 15	216	34	285	36	57	627	2.847	0,220
Mar – 15	165	26	237	28	46	502	2.217	0,227
Apr – 15	102	16	218	17	35	389	1.388	0,280
Mag – 15	83	13	191	14	30	332	1.131	0,293
Giu – 15	52	9	146	9	21	236	719	0,329
Lug – 15	29	5	115	5	15	170	435	0,391
Ago – 15	31	5	117	6	16	176	459	0,383
Set – 15	100	16	213	17	34	379	1.334	0,284
Ott – 15	167	26	309	28	53	582	2.219	0,262
Nov – 15	220	34	383	36	67	740	2.895	0,256
Dic – 15	216	34	378	36	66	730	2.853	0,256
Totale	1.630	258	2.913	273	507	5.581	21.824	0,256
POD: IT001E00096 724	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	82	30	274	37	42	465	2.942	0,158
Feb – 16	79	29	264	35	41	448	2.818	0,159

E1143 – Scuola media “Caffaro” e scuola vespertina “Cavacciuti”

Mar – 16	57	21	203	25	31	336	2.021	0,166
Apr – 16	46	17	173	20	26	282	1.637	0,172
Mag – 16	40	15	156	18	23	252	1.421	0,177
Giu – 16	23	8	109	10	15	165	801	0,206
Lug – 16	15	5	83	6	11	120	468	0,256
Ago – 16	17	5	86	6	11	126	511	0,247
Set – 16	42	15	162	19	24	262	1.491	0,176
Ott – 16	74	27	251	33	39	424	2.653	0,160
Nov – 16	92	35	305	42	47	521	3.351	0,156
Dic – 16	78	29	263	35	40	445	2.798	0,159
Totale	645	237	2.329	286	350	3.847	22.912	0,168

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l’andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell’anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall’AEEGSI.

Figura 7.3 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

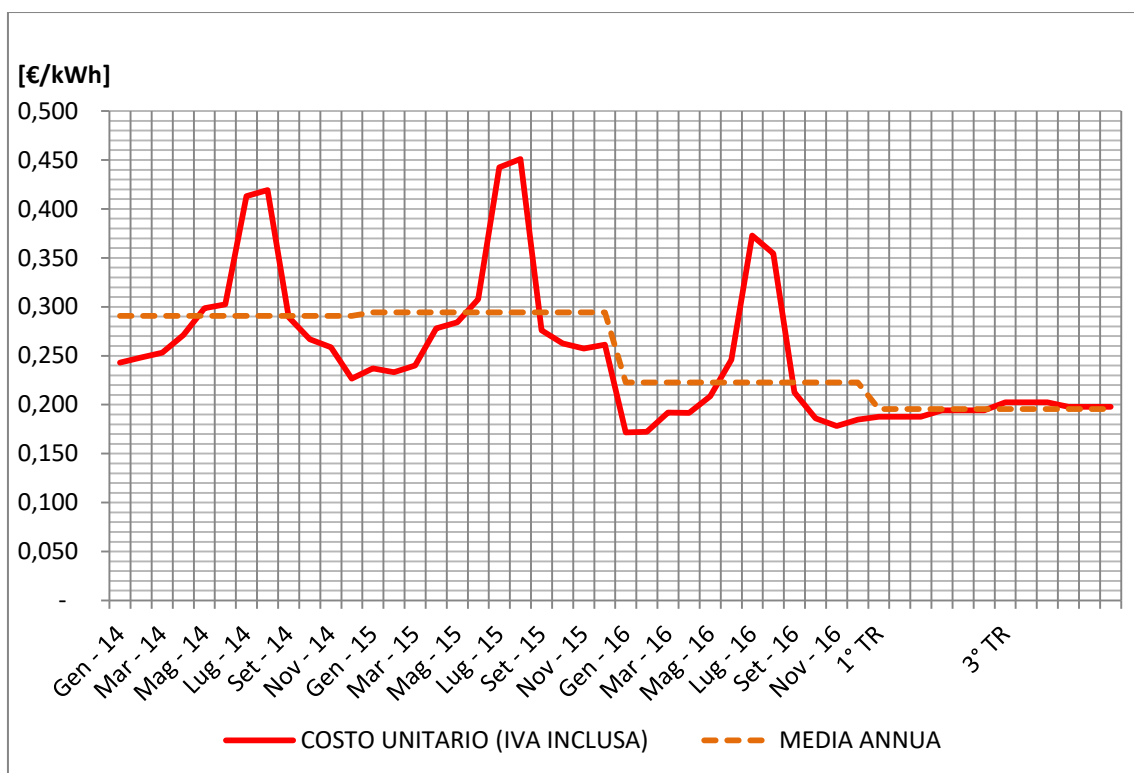
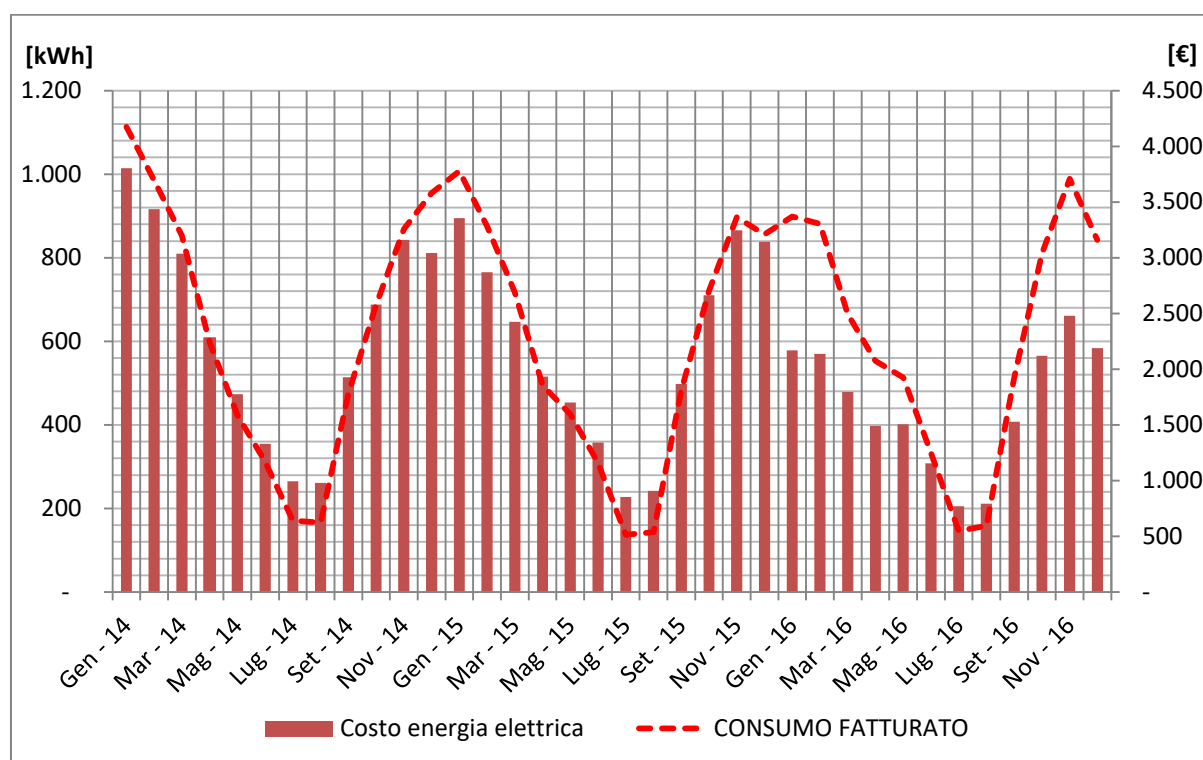


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

La valutazione dei costi consente l’individuazione delle tariffe utili – intesi come costi unitari o complessivi al netto della sola IVA – per la realizzazione dell’analisi costi-benefici.

Nella Tabella 7.7 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.7 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	n.d.	n.d.	n.d.	28.521	7.559	0,265	n.d.
2015	5.482	467	0,085	26.493	7.015	0,265	7.482
2016	18.134	1.619	0,089	27.392	5.369	0,196	6.988
2017	n.d.	n.d.	0,0789	n.d.	n.d.	0,193	n.d.
Media	11.808	1.043	0,0843	27.469	6.648	0,230	7.235

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.8.

Tabella 7.8 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _Q	0,079 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,196 [€/kWh]

Tutti i costi indicati sono da considerarsi al lordo dell’IVA.

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

Il contratto di conduzione e manutenzione dell'impianto termico definisce per l'edificio oggetto della DE un canone annuale relativo alla conduzione e gestione dell'impianto termico, comprensiva della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria, relativa ai seguenti impianti:

- L1-042-095: servizio SIE3
- L1-042-371: O&M < 35 kW

Facendo riferimento al capitolo 5 del Capitolato Tecnico della convenzione per l'affidamento del servizio integrato energia per le pubbliche amministrazioni ai sensi dell'art. 26 legge n. 488/1999 e s.m.i. e dell'art. 58 legge n. 388/2000, dove sono descritte nel dettaglio le caratteristiche del servizio di “Gestione, Conduzione e Manutenzione”, si deduce che i servizi compresi all'interno della componente manutentiva riguardano:

- 1) Gestione e conduzione degli impianti, comprensivo del servizio di terzo responsabile;
- 2) Manutenzione ordinaria degli impianti:
 - Manutenzione Preventiva,
 - Manutenzione Correttiva a guasto (con servizio di reperibilità e pronto intervento);
- 3) Manutenzione straordinaria:
 - Interventi di adeguamento normativo;
 - Interventi di riqualificazione energetica.

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a € 36.824.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-EXXXX. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

$$C_{MS} = 0.1 \times C_M$$

$$C_{MO} = 0.9 \times C_M$$

Nel caso di impianti su cui è attivo il Servizio A all'interno del vigente contratto SIE3, i costi di manutenzione C_M sono stimati come segue:

$$C_M = C_{SIE3} - C_Q;$$

e sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

$$C_{MS} = 0.21 \times C_M$$

$$C_{MO} = 0.79 \times C_M$$

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.9.

Tabella 7.9 – Valori di costo manutentivi individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM_o 17.627	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM_s 4.686	[€/anno]

Tutti i costi indicati sono da considerarsi al lordo dell'IVA.

7.4 BASELINE DEI COSTI

I costi unitari dei vettori energetici precedentemente individuati, devono essere moltiplicati per i consumi normalizzati di baseline al fine di definire la baseline dei costi energetici, che verrà utilizzata per la definizione dei risparmi economici conseguibili a seguito della realizzazione delle EEM proposte.

La Baseline dei Costi è quindi definita come la somma della componente di costo di riferimento per la fornitura dei vettori energetici pre-intervento e la componente di costo di riferimento per la gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria pre-intervento.

Per la componente energetica vale la seguente formula:

$$C_E = Q_{baseline} \times Cu_Q + EE_{baseline} \times Cu_{EE}$$

La Baseline dei Costi per il sistema edificio/impianti pre-intervento è pertanto uguale a:

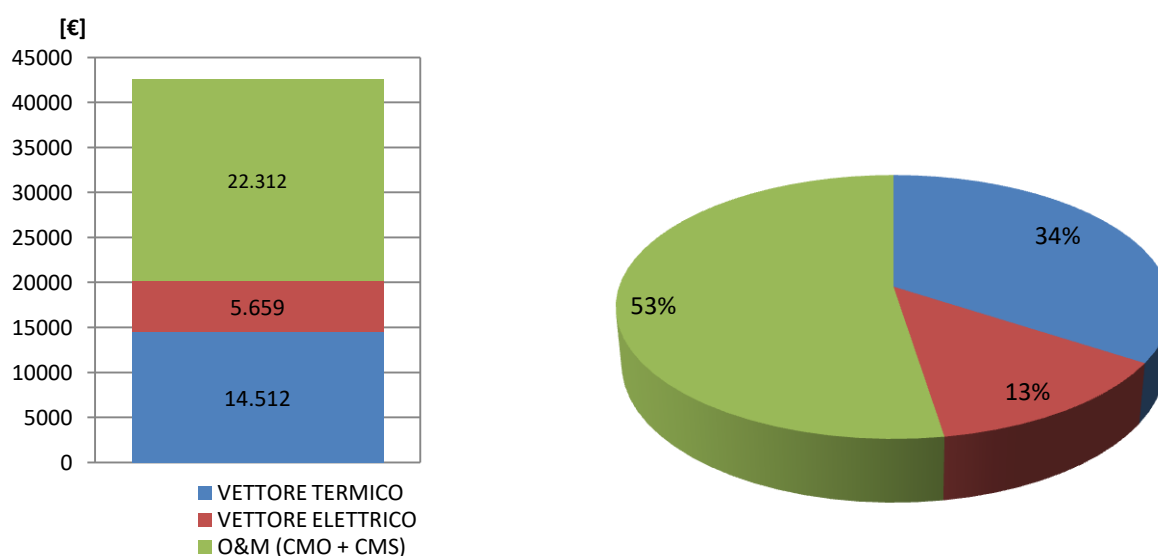
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 20.171 e un $C_{baseline}$ pari a € 42.483

Tabella 7.10 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
183.936	0,079	14.512	28.930	0,196	5.659	22.312	17.627	4.686	42.483

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento solaio di copertura

Generalità

La misura prevede l'applicazione in contro placcaggio di una lastra di lana di vetro dello spessore di 10 cm applicata su una struttura metallica di supporto ed uno strato di finitura consistente di una lastra di cartongesso fibrorinforzato al fine di ridurre le dispersioni termiche dei solai di copertura verso l'esterno come quelle delle aule al piano secondo, della palestra e del refettorio al piano terra.

L'inserimento di una lastra di lana di vetro consente di ridurre le dispersioni termiche dell'involucro opaco, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico.

Figura 8.1 – Particolare del solaio di copertura



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'inserimento di un pannello isolante in lana di vetro richiede la valutazione delle prestazioni energetiche dello stato di conservazione del solaio esistente, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Tale misura può ridurre le dispersioni per trasmissione dell'involucro opaco in modo significativo (10-15%).

La finitura materica di rivestimento del pannello ed il colore dello stesso devono essere scelti in funzione ed in relazione alla funzione dell'edificio ed alla compatibilità estetica.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato.

La manutenzione deve essere realizzata con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale e devono essere seguite le procedure indicate dai produttori.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – ISOLAMENTO SOLAIO DI COPERTURA

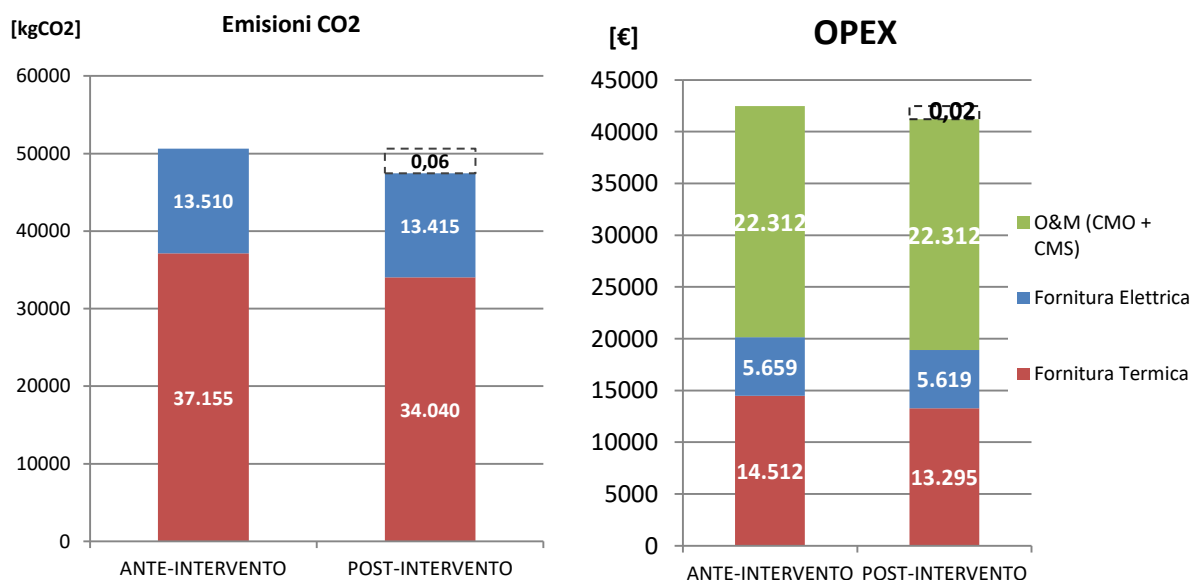
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,386	0,209	84,9%
Q _{teorico}	[kWh]	184.866	169.944	8,1%
EE _{teorico}	[kWh]	28.838	28.813	0,1%
Q _{baseline}	[kWh]	183.936	169.089	8,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	28.930	28.904	0,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.155	34.156	8,1%

Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.510	13.498	0,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	50.665	47.654	5,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.512	13.340	8,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.659	5.654	0,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.171	18.994	5,8%
C _{MO}	[€]	17.627	17.627	0,0%
C _{MS}	[€]	4.686	4.686	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	22.312	22.312	0,0%
OPEX	[€]	42.483	41.307	2,8%
Classe energetica	[-]	F	E	+1classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,217 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

Figura 8.2 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: Installazione generatore di calore a condensazione

Generalità

La misura prevede l'installazione di una caldaia modulare murale a condensazione a servizio dell'impianto di riscaldamento della scuola Vespertina e di un gruppo termico costituito da quattro generatori a condensazione a servizio della scuola media. Questo al fine di garantire rendimenti del sistema di generazione maggiori ed in linea con il nuovo quadro normativo.

L'installazione di un generatore modulare a gas a condensazione consente di ridurre il consumo di combustibile per il riscaldamento grazie al principio della condensazione associato alla modulazione di tali nuovi generatori.

Figura 8.3 – Particolare della centrale termica



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione di una caldaia a condensazione richiede la valutazione delle prestazioni dello stato di conservazione della rete di distribuzione e della possibilità di installare valvole regolatrici della portata sui corpi scaldanti, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Tale misura può ridurre il consumo di energia termica in modo significativo (20-30%).

La potenza termica utile e la portata termica del nuovo generatore devono essere scelte in funzione ed in relazione all'attuale configurazione dell'impianto termico, alla potenza del generatore attualmente installato ed alla possibilità di avere fabbisogni inferiori a seguito di altri tipi di intervento di efficientamento energetico.

Descrizione dei lavori

La posa del nuovo generatore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08).

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.6.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	91	107	-17,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	184.866	80.722	56,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	28.838	28.610	0,8%
$Q_{baseline}$	[kWh]	183.936	80.316	56,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	28.930	28.701	0,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.155	16.224	56,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.510	13.403	0,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	50.665	29.627	41,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.512	6.337	56,3%

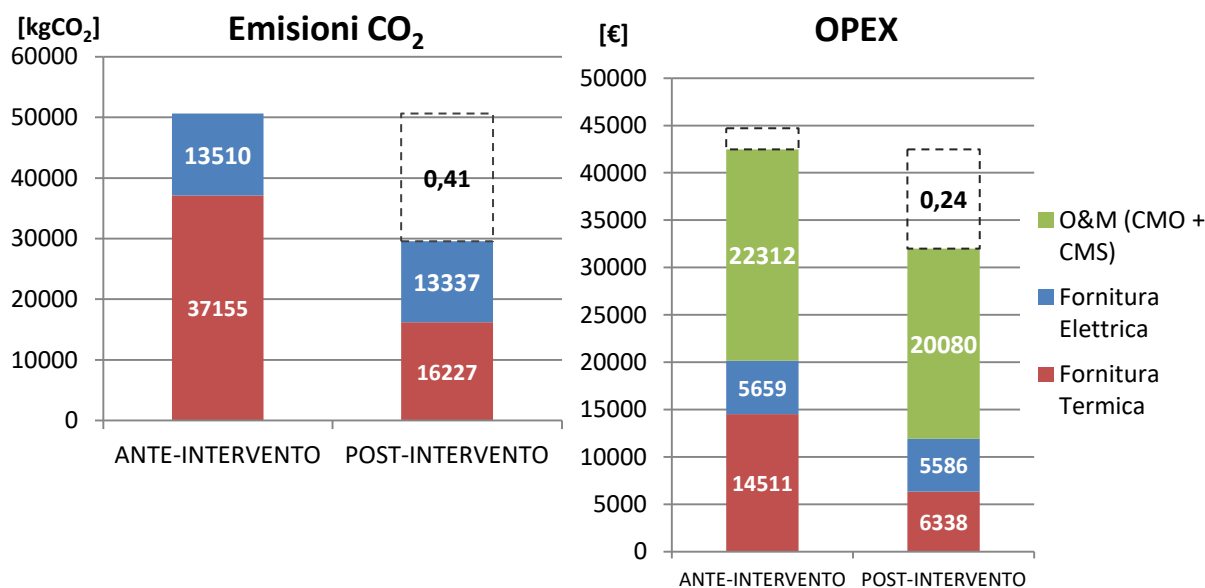
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.659	5.614	0,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.171	11.951	40,8%
C_{MO}	[€]	17.627	15.864	10,0%
C_{MS}	[€]	4.686	4.217	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	22.312	20.081	10,0%
OPEX	[€]	42.483	32.032	24,6%
Classe energetica	[-]	F	C	+3 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,217 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

La riduzione dei costi di manutenzione O&M è dovuta al fatto che la potenza del gruppo termico installato a seguito dell'intervento proposto è inferiore a quella dell'attuale, sulla base del quale è stato stimato il canone di manutenzione secondo quanto appreso dal servizio calore del Comune di Genova. Inoltre, come indicato in una *Guida all'efficienza energetica negli edifici scolastici* (ENEA, M.A.T.T.M, M.I.U.R. e Presidenza del Consiglio dei Ministri), si evidenzia che i costi di O&M non sono inferiori al 20% della somma dei costi di approvvigionamento di combustibile ed energia elettrica.

Figura 8.4 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM3: Installazione valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche su tutti i radiatori presenti all'interno dell'edificio.

Le valvole termostatiche sono tipicamente impiegate per la regolazione del fluido ai radiatori degli impianti di riscaldamento. Abbinata a un comando termostatico o elettrotermico, mantengono costante, al valore impostato, la temperatura ambiente del locale in cui sono installate. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono consistenti risparmi energetici.

Queste valvole sono dotate di un particolare codolo con tenuta idraulica in gomma che permette il collegamento al radiatore in modo veloce e sicuro, senza l'ausilio di altro mezzo sigillante.

Figura 8.5 – Particolare terminali di emissione



Caratteristiche funzionali e tecniche

In base al tipo di corpo scaldante, al diametro e materiale del tubo saranno predisposte le seguenti tipologie di valvole termostatiche con i relativi detentori:

- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi a squadra per tubo ferro 3/8", 1/2" e 3/4". Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi diritti per tubo ferro 3/8", 1/2" e 3/4". Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" M con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi a squadra per tubo rame e plastica semplice e multistrato 23 p.1,5 M. Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi diritti per tubo rame e plastica semplice e multistrato 23 p.1,5 M. Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Detentore. Attacchi a squadra, per tubo rame, plastica semplice e multistrato. Attacchi tubazione 23 p.1,5 e 3/4" M. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS. Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.

Tutte le valvole termostatiche sono dotate di coperchio antimanomissione e anti vandalismo. Tale misura può ridurre il consumo di energia termica (10-15%).

Descrizione dei lavori

La posa delle valvole deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08). Inoltre si dovrà provvedere ad un lavaggio dell'intero impianto per evitare che le impurità depositatesi nel corso degli anni vadano a danneggiare le componenti delle nuove valvole.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.6

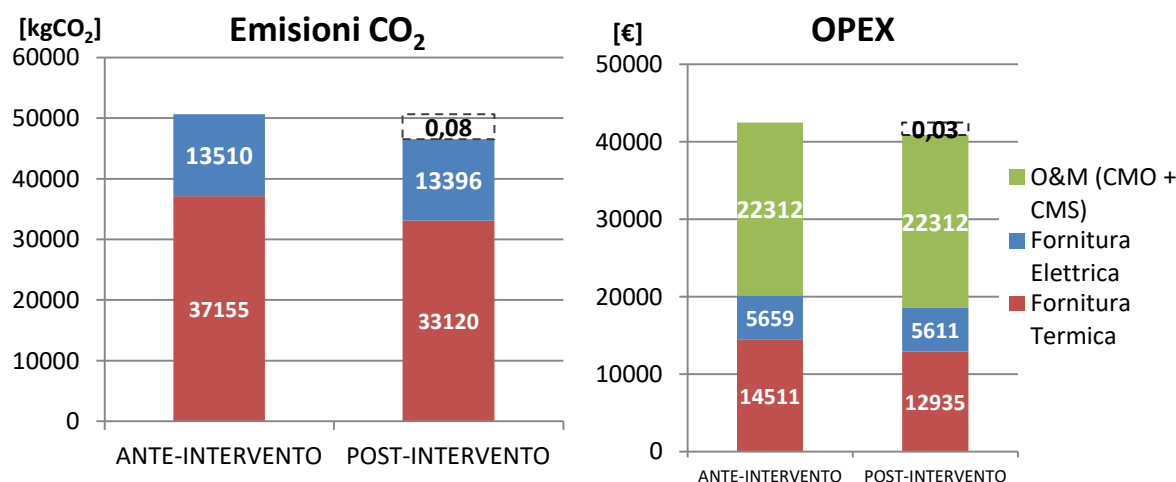
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 - Rendimento regolazione	[-]	75	97	-29,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	184.866	163.403	11,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	28.838	28.770	0,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	183.936	162.581	11,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	28.930	28.861	0,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.155	32.841	11,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.510	13.478	0,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	50.665	46.320	8,6%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	14.512	12.827	11,6%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.659	5.646	0,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.171	18.473	8,4%
C_{MO}	[€]	17.627	17.627	0,0%
C_{MS}	[€]	4.686	4.686	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	22.312	22.312	0,0%
OPEX	[€]	42.483	40.785	4,0%
Classe energetica	[-]	F	E	+1classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,217 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

Figura 8.6 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM4: Installazione circolatori a giri variabili

Generalità

La misura prevede l’installazione di una pompa di circolazione di tipo elettronico a giri variabili (inverter). L’intervento sarà realizzato mediante la sostituzione delle due pompe di circolazione a giri fissi, con una nuova pompa di circolazione gemellare a giri variabili controllata elettronicamente da inverter e grado di protezione minimo IP55.

Portata, prevalenza e diametro di allaccio saranno verificate e confermate dalle condizioni idrostatiche di lavoro dell’attuale rete di distribuzione.

Figura 8.7 – Particolare pompe di circolazione



L’installazione di un circolatore elettronico a velocità variabile permette di ottimizzare tutte le prestazioni dell’impianto anche in termini di energia elettrica necessaria per l’alimentazione degli organi ausiliari. Inoltre viene prolungata la vita della pompa stessa.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Tale misura può ridurre il consumo di energia elettrica (5-10%).

Descrizione dei lavori

La posa del nuovo circolatore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08).

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.8.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – INSTALLAZIONE POMPA INVERTER

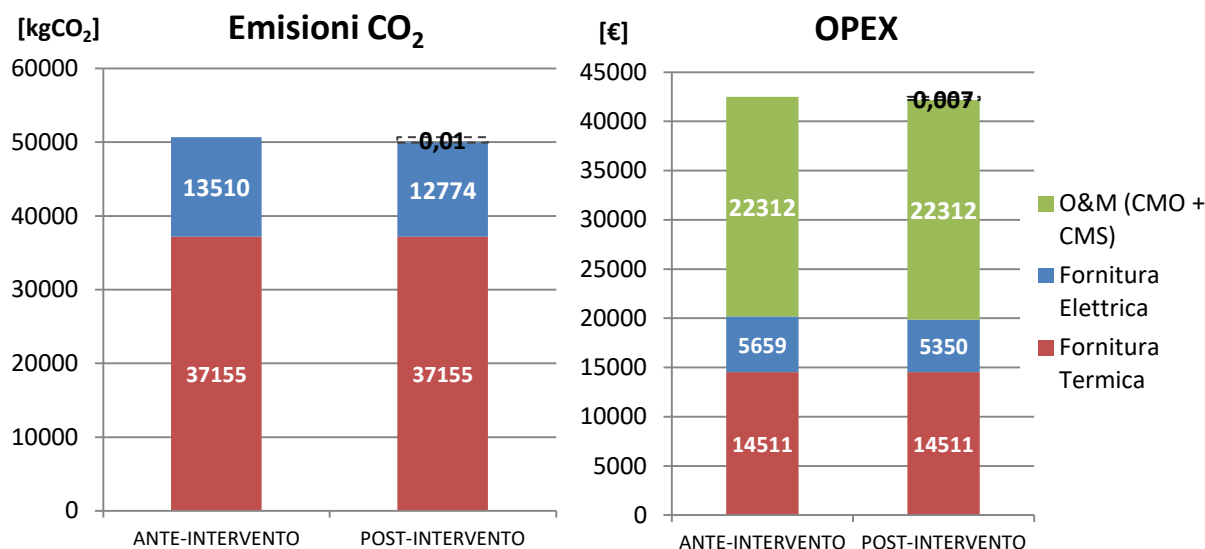
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 - assorbimento elettrico	[W]	485	100	79,4%
Q _{teorico}	[kWh]	184.866	184.846	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	28.838	27.447	4,8%
Q _{baseline}	[kWh]	183.936	183.916	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	28.930	27.534	4,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.155	37.151	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.510	12.859	4,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	50.665	50.010	1,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.512	14.510	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.659	5.386	4,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.171	19.896	1,4%
C _{MO}	[€]	17.627	17.627	0,0%
C _{MS}	[€]	4.686	4.686	0,0%

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	22.312	22.312	0,0%
OPEX	[€]	42.483	42.208	0,6%
Classe energetica	[-]	F	E	+1classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,217 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

Figura 8.8 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Si fa presente che per l'edificio in esame il fabbisogno di ACS è molto ridotto per cui non risulterebbe economicamente conveniente intraprendere misure di efficienza in tali direzioni.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

Si precisa che utilizzando i costi unitari dell'area di riferimento tali interventi non risultano economicamente convenienti nemmeno combinati in scenari con altri interventi.

Inoltre si fa presente che, data la normativa vigente in materia di classificazione energetica, riducendo la potenza installata dei corpi illuminanti (come nel caso dell'utilizzo di tecnologia LED) non è quasi mai possibile determinare un salto di due classi energetiche, anzi la classe energetica dell'edificio peggiora. Tale criticità sarebbe risolvibile combinando tale EEM con altri più energeticamente prestanti ma, come già precisato i costi non renderebbero conveniente l'intero scenario.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento copertura intradosso

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella realizzazione di un isolamento della copertura dall'intradosso come specificato nel paragrafo dedicato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento copertura intradosso

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Fornitura di pannello in lana di vetro 6 cm	Liguria 2017	800	€/mq	9,747	7.797,60 €	1.715,47 €	9.513,07 €
Fornitura di pannello in lana di vetro 6 cm	Liguria 2017	800	€/mq	9,747	7.797,60 €	1.715,47 €	9.513,07 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	800	€/mq	4,221	3.376,80 €	742,90 €	4.119,70 €
Lastra di cartongesso	Liguria 2017	800	€/mq	8,766	7.012,80 €	1.542,82 €	8.555,62 €
Costi per la sicurezza					779,54 €	171,50 €	951,04 €
Costi per la progettazione					1.818,94 €	400,17 €	2.219,10 €
TOTALE (I₀)					28.583,28 €	6.288,32 €	34.871,60 €
Incentivi	[Conto termico]					€	13.949
Durata incentivi						Anni	5
Incentivo annuo						€/Anno	2.790

EEM2: Installazione generatore di calore a condensazione

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella installazione di quattro generatori di calore a condensazione come specificato nel paragrafo dedicato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione generatore di calore a condensazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione di caldaia esistente	CCIAA RE	1	cad	3697,5	3.697,50 €	813,45 €	4.510,95 €
Fornitura di caldaia a condensazione da 150 kW	Liguria 2017	4	cad	8027,325	32.109,30 €	7.064,05 €	39.173,35 €
Posa in opera di caldaia murale	Liguria 2017	4	cad	299,196	1.196,78 €	263,29 €	1.460,08 €
Costi per la sicurezza					1.110,11 €	244,22 €	1.354,33 €
Costi per la progettazione					2.590,25 €	569,86 €	3.160,11 €
TOTALE (I₀)					40.703,94 €	8.954,87 €	49.658,81 €
Incentivi	[Conto termico]					€	19.864
Durata incentivi						Anni	5
Incentivo annuo						€/Anno	3.973

EEM3: Installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione come specificato nel paragrafo dedicato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Valvole termostatiche	Liguria 2017	95	cad	37,233	3.537,14 €	778,17 €	4.315,30 €
Costi per la sicurezza					106,11 €	23,35 €	129,46 €
Costi per la progettazione					247,60 €	54,47 €	302,07 €
TOTALE (I₀)					3.890,85 €	855,99 €	4.746,84 €

EEM4: Installazione circolatori a giri variabili

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione come specificato nel paragrafo dedicato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione circolatori a giri variabili

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Circolatore gemellare con inverter DN40	Liguria 2017	1	cad	1724,832	1.724,83 €	379,46 €	2.104,30 €
Posa in opera di circolatore	Liguria 2017	1	cad	45,054	45,05 €	9,91 €	54,97 €
Costi per la sicurezza					53,10 €	11,68 €	64,78 €
Costi per la progettazione					123,89 €	27,26 €	151,15 €
TOTALE (I₀)					1.946,87 €	428,31 €	2.375,19 €

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

L'analisi di convenienza delle singole EEM analizzate è stata svolta tramite la valutazione dei principali indicatori economici d'investimento secondo il metodo dei flussi di cassa, valutando chiaramente i valori dei costi, ricavi, flussi di cassa e redditività.

Si è inoltre posta particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili agli scenari (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc.), con la quantificazione dell'importo incentivabile e l'analisi dei flussi di cassa e degli indicatori finanziari con e senza il contributo degli incentivi considerati.

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

- TRS (tempo di ritorno semplice);
- TRA (tempo di ritorno attualizzato);
- VAN (valore attuale netto);
- TIR (tasso interno di rendimento)
- IP (indice di profitto);

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

$$TRS = \frac{I_0}{\overline{FC}}$$

Dove:

- I_0 è il valore dell'investimento iniziale;
- \overline{FC} è il flusso di cassa medio annuale, calcolato come la media aritmetica sugli anni di vita utile della somma algebrica dei costi e dei benefici generati dall'investimento.

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

$$TRA = \frac{I_0}{\overline{FC}_{att}}$$

Dove:

- I_0 è il valore dell'investimento iniziale;
- \overline{FC}_{att} è il flusso di cassa attualizzato medio annuale, calcolato come la media aritmetica sugli anni di vita utile della somma algebrica dei costi e dei benefici generati dall'investimento, opportunamente attualizzati tramite il tasso di attualizzazione.

$$FC_{att,n} = FC_n \frac{(1+f)^n (1+f')^n}{(1+R)^n} \approx FC_n \frac{1}{(1+i)^n}$$

Dove:

- FC_n è il flusso di cassa all'anno n-esimo;
- f è il tasso di inflazione;
- f' è la deriva dell'inflazione;
- R è il tasso di sconto;
- $i = R - f - f'$ è il tasso di attualizzazione;
- $\frac{1}{(1+i)^n}$ è il fattore di annualità (FA_n).

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FC_n}{(1+i)^n} - I_0$$

Dove:

- n sono gli anni di vita tecnica per la tecnologia di ciascuna EEM, o, 15 anni per lo SCN1, o, 25 anni per SCN2;

4) Tasso Interno di Rendimento (TIR), è il valore di i che rende il VAN = 0.

5) Indice di Profitto (IP):

$$IP = \frac{VAN}{I_0}$$

I tassi di interesse utilizzati per le operazioni di attualizzazione e analisi economico sono i seguenti:

- Tasso di sconto: **$R = 4\%$**
- Tasso di inflazione relativa al costo dei vettori energetici e dei servizi di manutenzione: **$f = 0.5\%$**
- Deriva dell’inflazione relativa al costo dei vettori energetici **$f'_{ve} = 0.7\%$** e dei servizi di manutenzione **$f'_m = 0\%$**

I risultati dell’analisi economica tramite flussi di cassa sono poi stati rappresentati mediante tipici grafici a farfalla, dal quale è possibile evincere i flussi di cassa cumulati di progetto, l’investimento capitale iniziale, I_0 , e il TRS.

Analogamente la rappresentazione grafica dei flussi di cassa cumulati attualizzati permetterà la visualizzazione del TRA e del VAN.

Di seguito si riportano i flussi di cassa ed i risultati dell’analisi di convenienza delle singole EEM proposte.

Il dettaglio dei calcoli è riportato all’ Allegato B- Elaborati.

EEM1: Isolamento copertura intradosso

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Isolamento copertura intradosso

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	34.872
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	2.790
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	26,1	14,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	43,3	26,0
Valore attuale netto	VAN	- 11.038	1.381
Tasso interno di rendimento	TIR	0,8%	4,5%
Indice di profitto	IP	-0,32	0,04

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.1 e Figura 9.2.

Figura 9.1 – EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

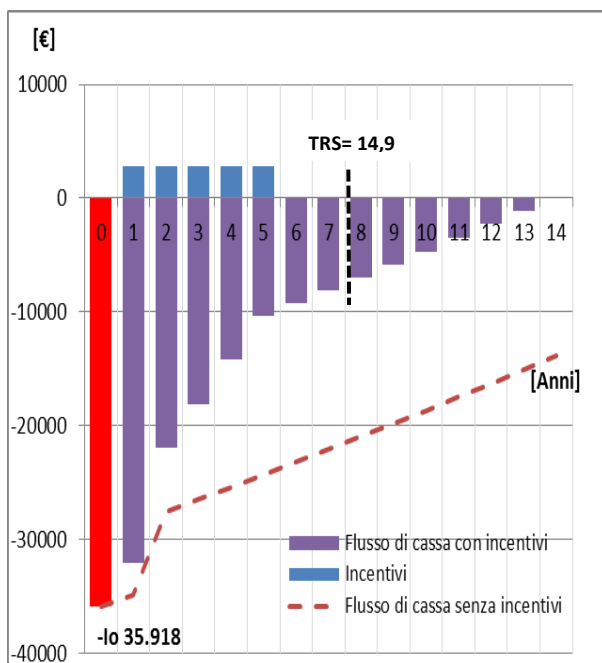
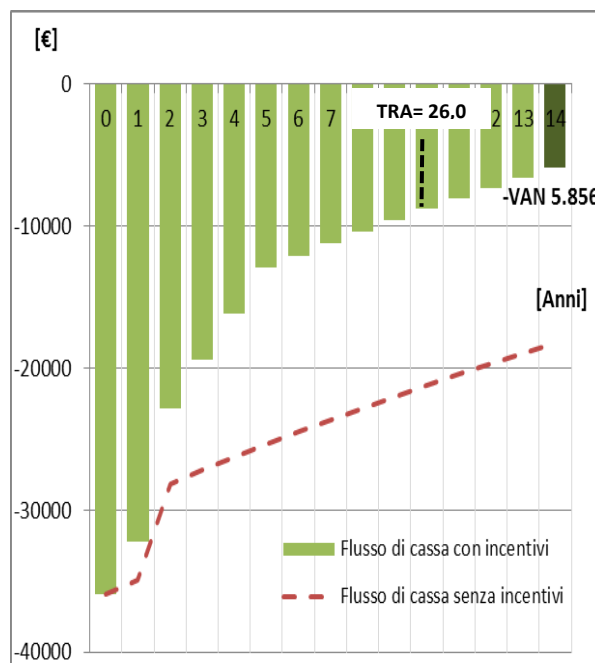


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento non risulta economicamente conveniente, seppur con un indice di profitto basso, con e senza gli incentivi previsti e calcolati come specificato nel paragrafo dedicato.

EEM2: Installazione generatore di calore a condensazione

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Installazione generatore di calore a condensazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 49.659
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno 3.973
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 4,8	3,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA 5,6	3,7
Valore attuale netto	VAN 54.479	72.165
Tasso interno di rendimento	TIR 18,3%	24,7%
Indice di profitto	IP 1,10	1,45

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.3 e Figura 9.4

Figura 9.3 –EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

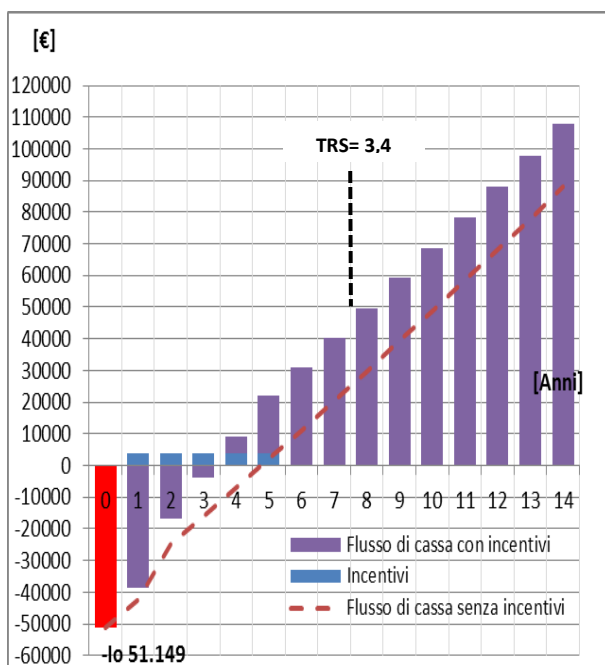
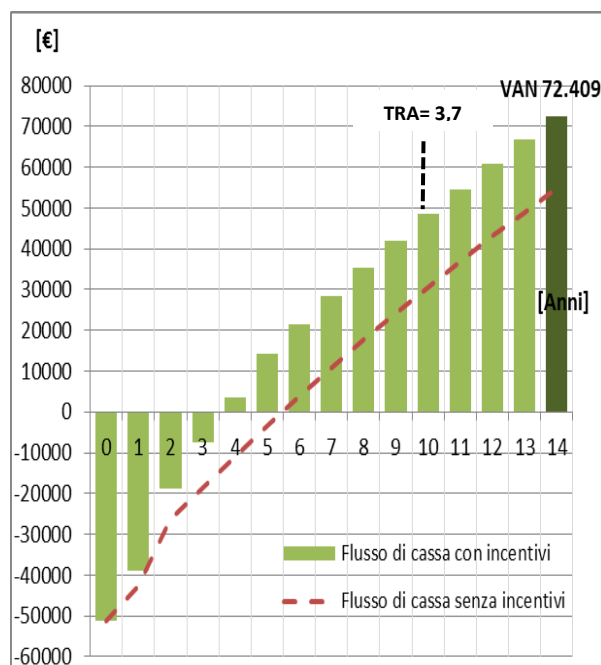


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente conveniente con e senza gli incentivi previsti e calcolati come specificato nel paragrafo dedicato.

EEM3: Installazione valvole termostatiche

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Installazione valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 4.747
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRs	2,9
Tempo di rientro attualizzato	TRa	3,3
Valore attuale netto	VAN	11.883
Tasso interno di rendimento	TIR	32,5%
Indice di profitto	IP	2,50

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.5 e Figura 9.6

Figura 9.5 –EEM3: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

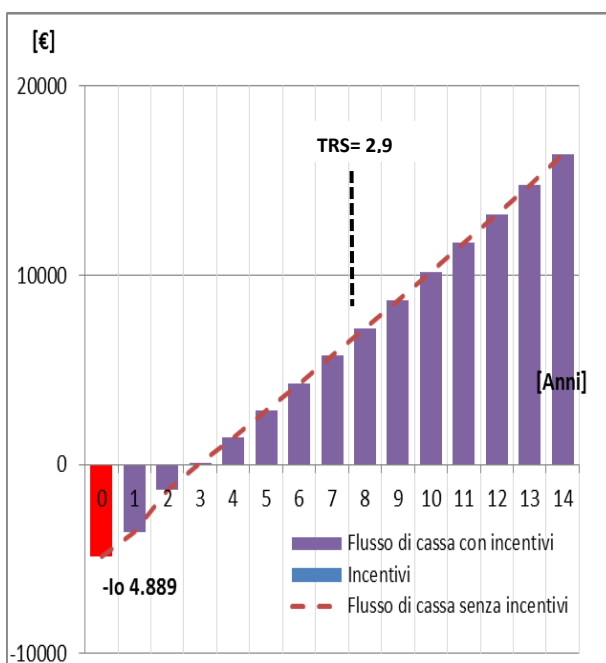
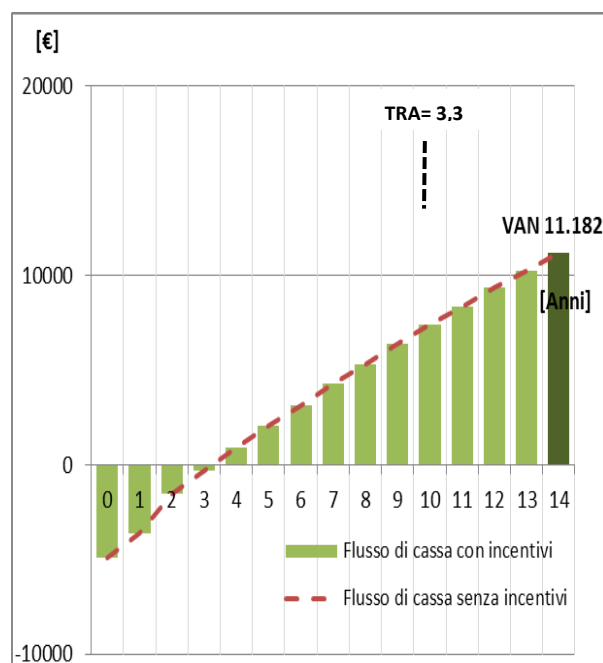


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente.

EEM4: Installazione circolatori a giri variabili

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4– Installazione circolatori a giri variabili

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]
Aliquota IVA	%IVA	[%]
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni
Vita utile	n	anni
Incentivo annuo	B	€/anno
Durata incentivo	n_B	anni
Tasso di attualizzazione	i	[%]

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	-
Tempo di rientro attualizzato	TRA	-
Valore attuale netto	VAN	-
Tasso interno di rendimento	TIR	-
Indice di profitto	IP	-

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.7 e Figura 9.8

Figura 9.7 –EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

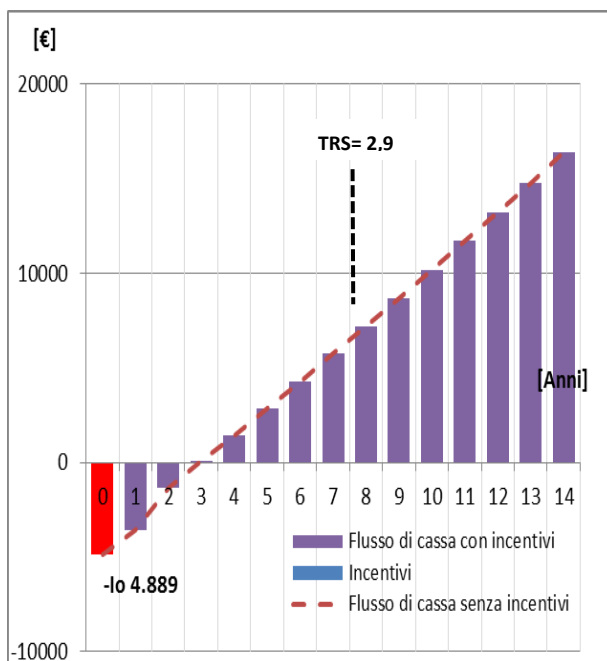
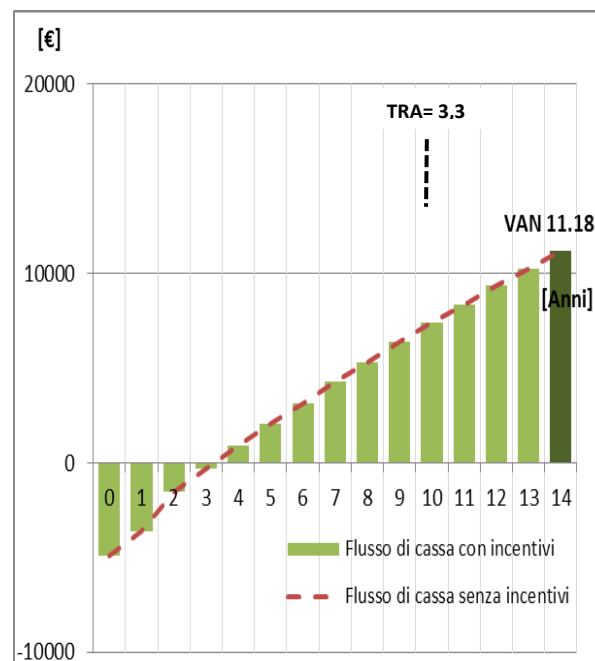


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta economicamente.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.9 e Tabella 9.10.

Tabella 9.9 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	5,8	5,8	1.176	-	-	34.872	26,1	43,3	30	-11.038	0,8	-0,32
EEM 2	40,8	40,8	8.220	1.763	469	49.659	4,8	5,6	15	54.479	18,3	1,10
EEM 3	8,6	8,6	1.698	-	-	4.747	2,9	3,3	15	11.883	32,5	2,50
EEM 4	1,3	1,3	274	-	-	2.375	8,5	10,7	15	533	7,4	0,22

Oltre agli indicatori finanziari precedentemente descritti, i parametri elencati in tabella sono i seguenti:

- % Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % Δ_{CO_2} è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- ΔC_E è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- ΔC_{MO} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- ΔC_{MS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I_0 è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Dall'analisi dei risultati emerge che tre dei quattro interventi proposti sono economicamente convenienti ed in particolare che l'indice di profitto maggiore è presentato dall'installazione delle valvole termostatiche.

Tabella 9.10 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	5,8	5,8	1.176	-	-	34.872	14,9	26,0	30	1.381	4,5	0,04
EEM 2	40,8	40,8	8.220	1.763	469	49.659	3,4	3,7	15	72.165	24,7	1,45
EEM 3	8,6	8,6	1.698	-	-	4.747	2,9	3,3	15	11.883	32,5	2,50
EEM 4	1,3	1,3	274	-	-	2.375	8,5	10,7	15	533	7,4	0,22

Dall'analisi dei risultati emerge che tutti gli interventi proposti sono economicamente convenienti e che gli interventi che presentano una differenza rilevante dovuta alla presenza dell'incentivo sono l'EEM1 e l'EEM2.

9.3 IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposti, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi.

La scelta degli scenari ottimale è quindi stata effettuata a partire dai risultati riportati nella tabella di cui sopra, tramite la comparazione di VAN ed IP dei diversi casi delle singole EEM, valutati per ciascun scenario considerando una vita utile in termini di TRS accettabile e la sostenibilità finanziaria degli investimenti in termini di DSCR e LLCR.

Per fattibilità economica delle soluzioni integrate si intendere accettabili le soluzioni che verificano i seguenti scenari economici:

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 15$ anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 25$ anni.

Il primo scenario ottimale, con tempi di ritorno del capitale investito maggiore, permetterà la formulazione di soluzione integrate che includono interventi sull’involucro degli edifici, o più in generale, interventi tipicamente caratterizzati da tempi di ritorno lunghi, laddove, nel caso del secondo scenario ci si aspetta che gli interventi proposti interessino maggiormente investimenti per gli impianti.

La valutazione della fattibilità tecnico-economica è stata effettuata al fine di una gestione diretta da parte della PA o indiretta mediante ESCO.

Nella formulazione del Piano Economico-Finanziario indicativo degli scenari ottimali, si è assunto che i capitali per la realizzazione degli interventi siano resi disponibili da un privato, con una ripartizione dell’investimento al 20% tramite mezzi propri (equity) ed all’80% tramite finanziamento terzi (debito). Nel calcolo del VAN di Progetto il tasso di attualizzazione i usato coincide con il WACC (costo medio ponderato del capitale) ed è posto pari al 4%, sulla base della seguente equazione:

$$WACC = Kd \times \frac{D}{D + E} \times (1 - \tau) + Ke \times \frac{E}{D + E}$$

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell’equity, ossia il rendimento atteso dall’investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l’Equity, pari a 20% di I_0
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ è l’aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell’aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

L’ultima dimensione di analisi è la valutazione della sostenibilità finanziaria. Infatti, non tutti gli investimenti economicamente convenienti risultano poi fattibili dal punto di vista finanziario. La sostenibilità finanziaria di un progetto può essere espressa anche in termini di bancabilità ricorrendo a degli indicatori capaci di valutare il margine di sicurezza su cui i soggetti finanziatori possono contare per essere garantiti sul puntuale pagamento del servizio del debito.

Per gli scenari ottimali, si è quindi proceduto ad una valutazione della sostenibilità finanziaria. Gli indicatori di bancabilità utilizzati sono:

- DSCR (Debt Service Cover Ratio) medio di periodo. Esprime la capacità dell’investimento di rimborsare il servizio del debito (capitale e interessi) per tutta la durata del finanziamento;
- LLCR (*Loan Life Cover Ratio*) medio di periodo. Esprime la capacità del progetto di generare flussi di cassa positivi dopo aver ripagato il servizio del debito.

Essi sono così definiti:

1) *Debt Service Cover Ratio* (DSCR):

$$DSCR = \frac{FCO_n}{K_n + I_t}$$

Dove:

- FCO_n sono i flussi di cassa operativi nell'anno corrente n-esimo;
- K_n è la quota capitale da rimborsare nell'anno n-esimo;
- I_n è la quota interessi da ripagare nell'anno n-esimo.

2) *Loan Life Cover Ratio* (LLCR):

$$LLCR = \frac{\sum_{n=s}^{s+m} \frac{FCO_n}{(1+i)^n} + R}{D_n}$$

Dove:

- s è il periodo di valutazione dell'indicatore;
- $s+m$ è l'ultimo periodo di rimborso del debito;
- FCO_n è il flusso di cassa per il servizio del debito;
- D è il debito residuo (outstanding) al periodo t-esimo;
- i è il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa;
- R è l'eventuale riserva a servizio del debito accumulata al periodo di valutazione (*Debt Reserve*).

Valori positivi (nell'intorno di 1,3) del DSCR indicano convenzionalmente la capacità dell'investimento di generare risorse sufficienti a ripagare il servizio del debito; valori maggiori di 1 del LLCR indicano la liquidità generata dal progetto dopo aver ripagato il debito. Pertanto, per la proposta di scenari ottimali bancabili sono stati considerati fattibili solo scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLCR maggiori di 1.

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) abbinate all'istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l'applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

Al fine di effettuare concretamente un'analisi finanziaria preliminare e verificare quindi gli aspetti di convenienza economica e sostenibilità finanziari degli scenari ottimali è stato presentato un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo per ogni scenario.

Infine, si è proceduto all'identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di *Energy Performance Contract* (EPC).

Si sono quindi individuati i seguenti scenari, che forniscano i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici, nei tempi di ritorno accettabili sopra descritti.

- **Scenario 1: IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM2, EEM3 ed EEM4, cioè nell'installazione di generatori di calore a condensazione, nell'installazione di valvole termostatiche e nell'installazione di circolatori a giri variabili.
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO:** Tale scenario prevede la combinazione degli interventi EEM1, EEM2 ed EEM3. In particolare si prevede la realizzazione dell'isolamento della copertura dall'intradosso, l'installazione di generatori di calore a condensazione e l'installazione di valvole termostatiche su tutti i radiatori presenti.

9.3.1 Scenario 1: IMPIANTO TERMICO

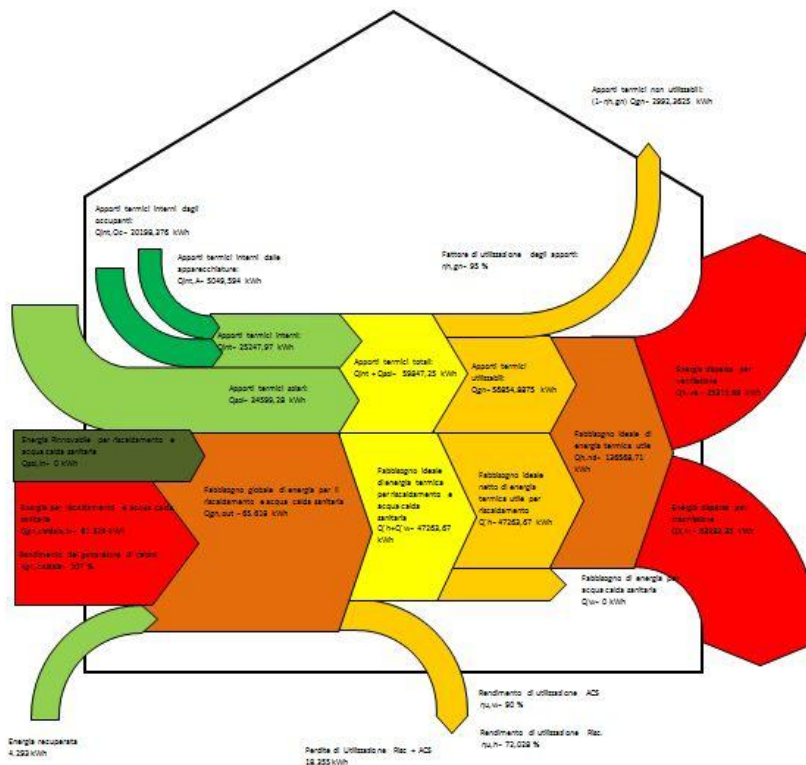
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 Fornitura & Posa	37.003,58 €	8.140,79 €	45.144,37 €
EEM3 Fornitura & Posa	3.537,14 €	778,17 €	4.315,30 €
EEM4 Fornitura & Posa	1.769,89 €	389,37 €	2.159,26 €
Costi per la sicurezza	1.269,32 €	279,25 €	1.548,57 €
Costi per la progettazione	2.961,74 €	651,58 €	3.613,33 €
TOTALE (I₀)	46.541,67 €	10.239,17 €	56.780,83 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 O&M	15.863,90 €	4.216,99 €	20.080,88 €
EEM3 O&M	17.626,55 €	4.685,54 €	22.312,09 €
EEM4 O&M	17.626,55 €	4.685,54 €	22.312,09 €
TOTALE (C_M)	15.863,90 €	4.216,99 €	20.080,88 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	22.712,33	€
Durata incentivi		5	Anni
Incentivo annuo		4.542,47	€/Anno

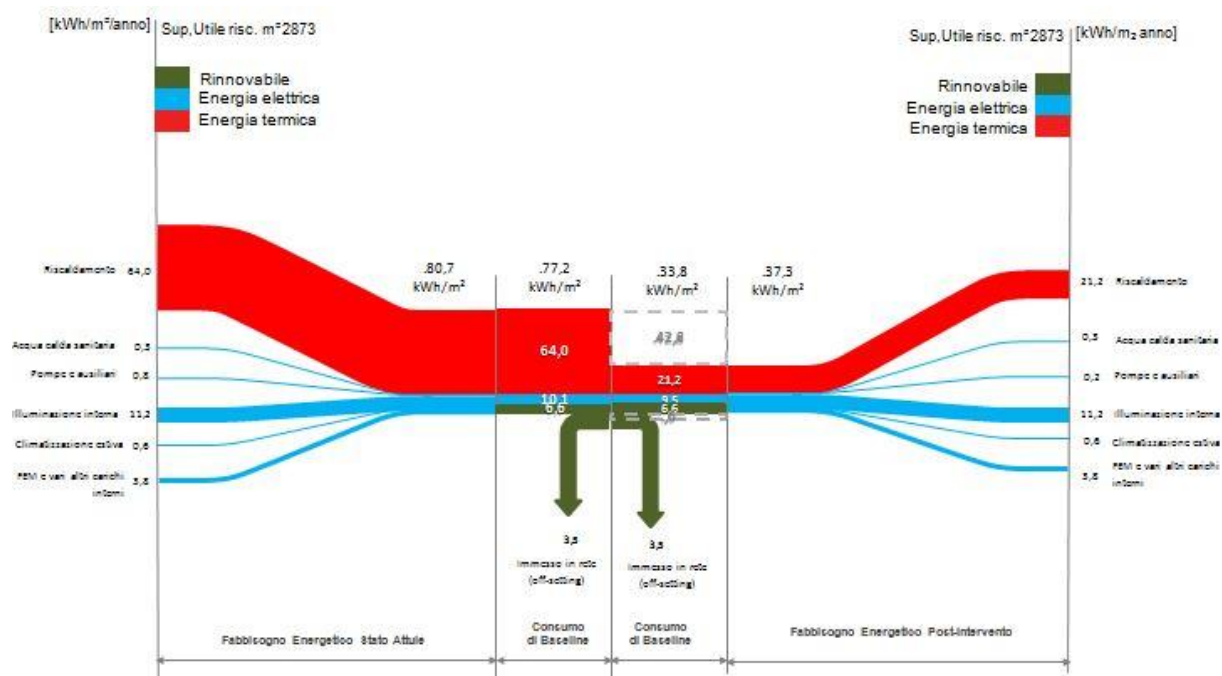
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.9 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

Figura 9.10 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9. Tabella 9.12 e nella Figura 9.11

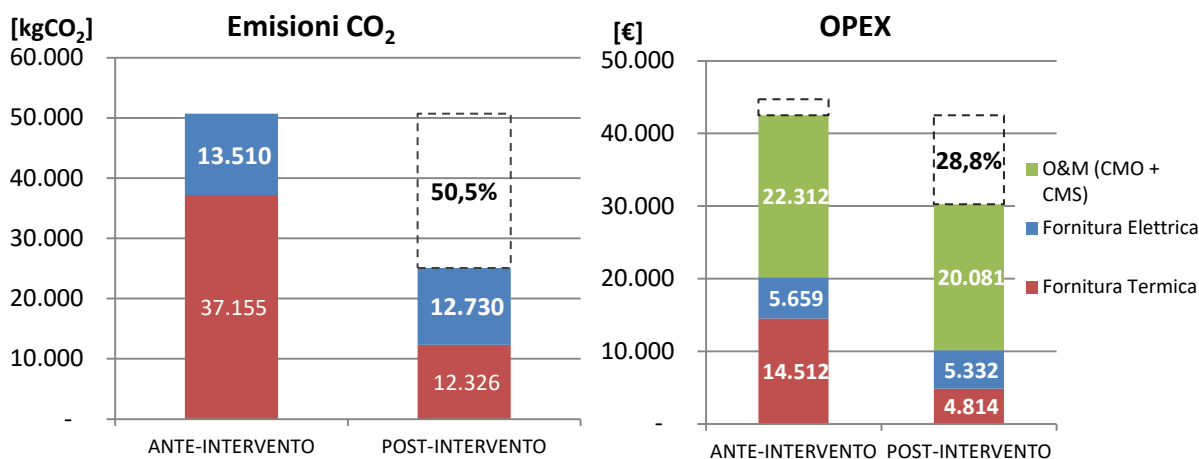
Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 - rendimento di generazione	[-]	91	107	-17,6%
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	75	97	-29,3%
EEM4 - Potenza installata	[W]	485	100	79,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	184.866	61.326	66,8%
$EE_{teorico}$	[kWh]	28.838	27.173	5,8%
$Q_{baseline}$	[kWh]	183.936	61.018	66,8%
$EE_{baseline}$	[kWh]	28.930	27.259	5,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.155	12.326	66,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.510	12.730	5,8%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	50.665	25.056	50,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	14.512	4.814	66,8%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.659	5.332	5,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.171	10.146	49,7%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	17.627	15.864	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	4.686	4.217	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	22.312	20.081	10,0%

OPEX	[€]	42.483	30.227	28,8%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.11 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

Tabella 9.13 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– IMPIANTO TERMICO

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	n_i		1
Anni Gestione Servizio	n_s		14
Anni Concessione	n		15
Anno inizio Concessione	n_0		2020
Anni dell'ammortamento	n_A		10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}		2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC		4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$		4,00%
Inflazione ISTAT	f		0,50%
deriva dell'inflazione	f'		0,70%
%, interessi debito	k_D		3,82%
%, interessi equity	k_E		9,00%
Aliquota IRES	IRES		24,0%
Aliquota IRAP	IRAP		3,9%
Aliquota fiscale	τ		27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D		5
Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€	56.781
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	1.703
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	58.484
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%

E1143 – Scuola media “Caffaro” e scuola vespertina “Cavacciuti”

Debito	I_D	€	46.787
Equity	I_E	€	11.697
Fattore di annualità Debito	FA_D		4,55
Rata annua debito	q_D	€	10.294
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	51.469
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	4.681

Tabella 9.14 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	16.533
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	15.672
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	32.205
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		49,7%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		7,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	8.452
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	2.254
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	81.599
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	11.707
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		96,71%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	4.040
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	334
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1.824
Canone O&M €/anno	CnM	€	14.645
Canone Energia €/anno	CnE	€	9.107
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	23.753
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	6.198
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	29.951
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	10.239
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	22.712
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.15 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		5,56
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		6,17
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€	37.493
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$		15,65%
Indice di Profitto	IP		66,03%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		5,67
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		6,22
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€	24.058

E1143 – Scuola media “Caffaro” e scuola vespertina “Cavacciuti”

Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	34,72%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,096
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	2,835
Indice di Profitto Azionista	IP	42,37%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

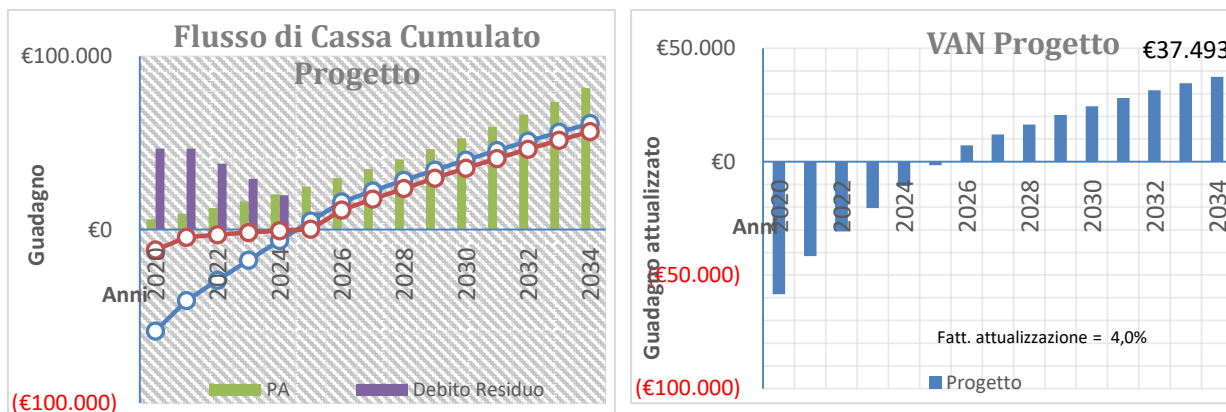
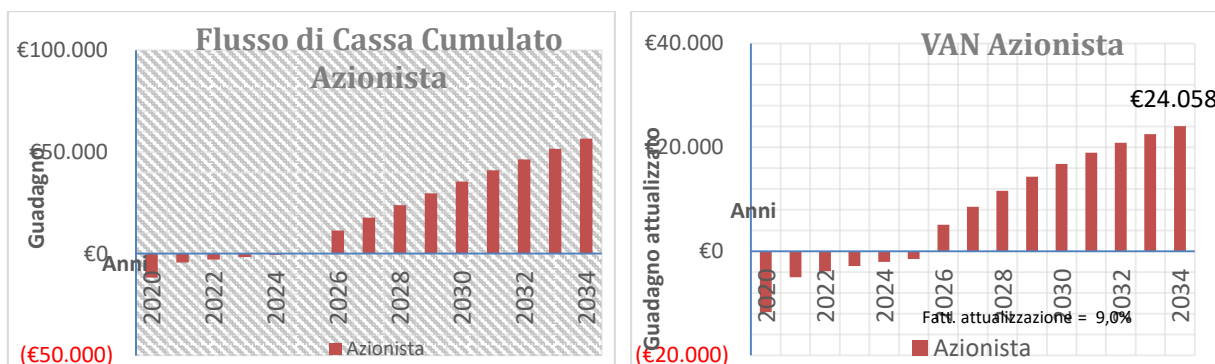
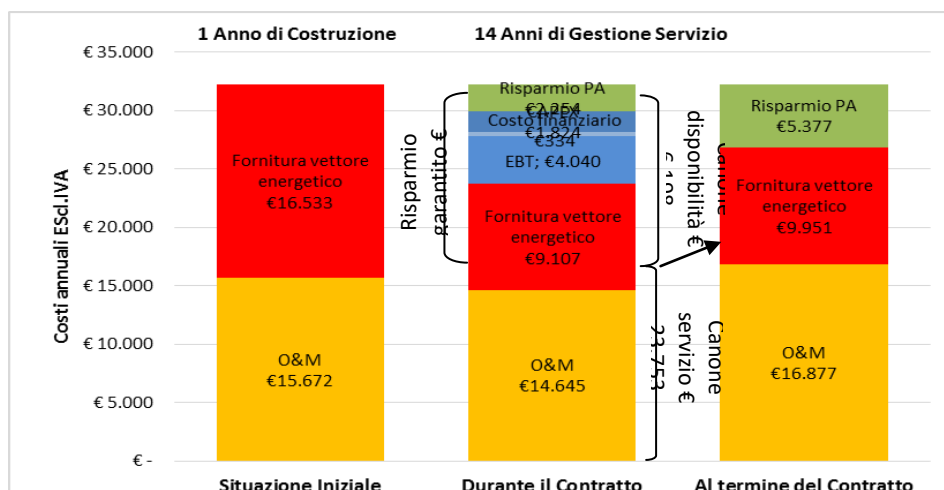


Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.4.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO

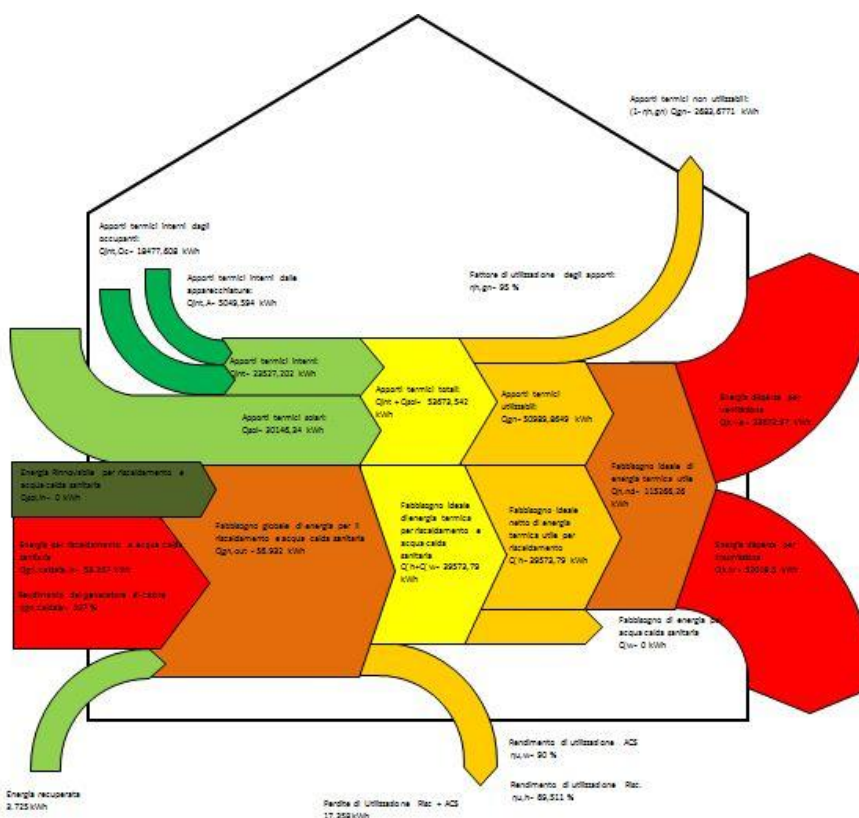
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	25.984,80 €	5.716,66 €	31.701,46 €
EEM2 Fornitura & Posa	37.003,58 €	8.140,79 €	45.144,37 €
EEM3 Fornitura & Posa	3.537,14 €	778,17 €	4.315,30 €
Costi per la sicurezza	1.995,77 €	439,07 €	2.434,83 €
Costi per la progettazione	4.656,79 €	1.024,49 €	5.681,28 €
TOTALE (I₀)	73.178,07 €	16.099,18 €	89.277,25 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	17.626,55 €	4.685,54 €	22.312,09 €
EEM2 O&M	15.863,90 €	4.216,99 €	20.080,88 €
EEM3 O&M	17.626,55 €	4.685,54 €	22.312,09 €
TOTALE (C_M)	15.863,90 €	4.216,99 €	20.080,88 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	44.638,62 €	€
Durata incentivi		5	Anni
Incentivo annuo		8.927,72 €	€/Anno

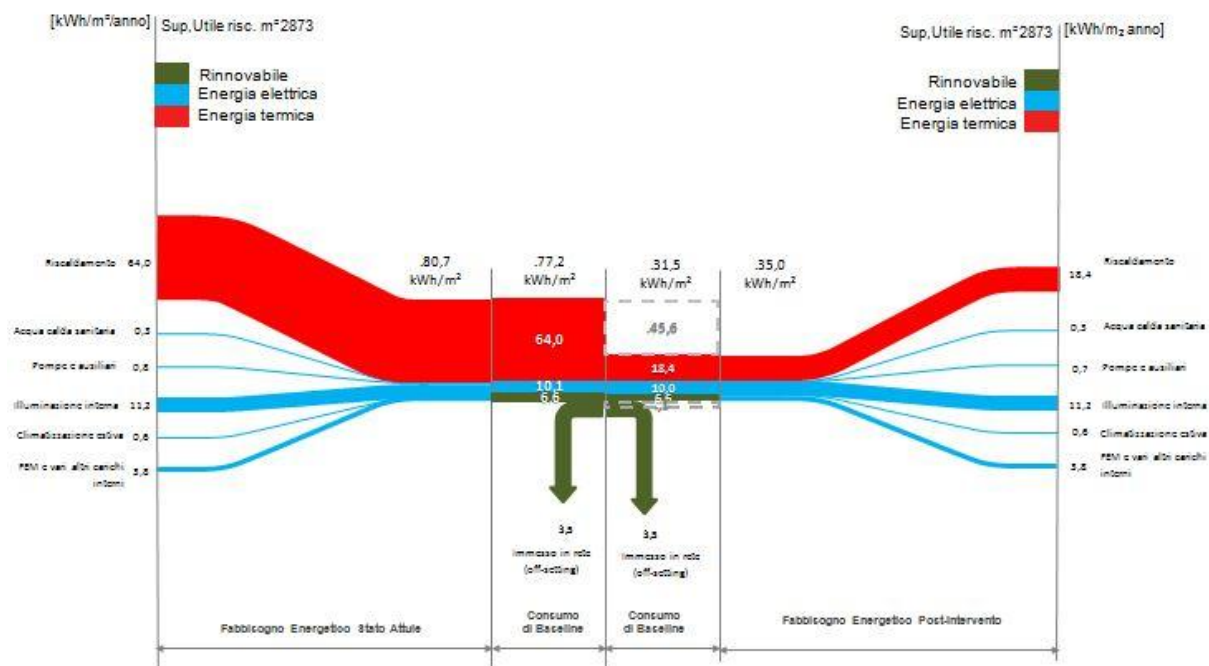
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.15 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

Figura 9.16 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.17 e nella Figura 9.

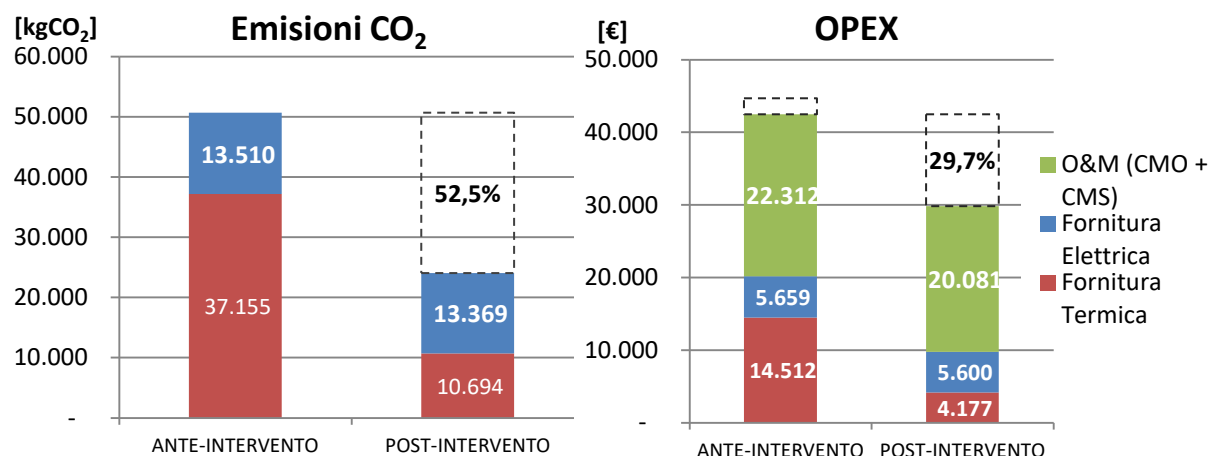
Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,386	0,209	84,9%
EEM2 - rendimento di generazione	[-]	91	107	-17,6%
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	75	97	-29,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	184.866	53.207	71,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	28.838	28.537	1,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	183.936	52.939	71,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	28.930	28.628	1,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.155	10.694	71,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.510	13.369	1,0%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	50.665	24.063	52,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	14.512	4.177	71,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.659	5.600	1,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.171	9.777	51,5%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	17.627	15.864	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	4.686	4.217	10,0%

E1143 – Scuola media “Caffaro” e scuola vespertina “Cavacciuti”

Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	22.312	20.081	10,0%
OPEX	[€]	42.483	29.857	29,7%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

 Figura 9.17 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline


E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.18, Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– IMPIANTO

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	n_i		2
Anni Gestione Servizio	n_s		23
Anni Concessione	n		25
Anno inizio Concessione	n_0		2020
Anni dell'ammortamento	n_A		10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}		2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC		4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$		4,00%
Inflazione ISTAT	f		0,50%
deriva dell'inflazione	f'		0,70%
%, interessi debito	k_D		3,82%
%, interessi equity	k_E		9,00%
Aliquota IRES	IRES		24,0%
Aliquota IRAP	IRAP		3,9%
Aliquota fiscale	τ		27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D		10
Anni Equity	n_E		23
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€	89.277
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	2.678
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	91.956
%CAPEX a Debito	D		80,0%

E1143 – Scuola media “Caffaro” e scuola vespertina “Cavacciuti”

%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 73.564
Equity	I _E	€ 18.391
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,30
Rata annua debito	q _D	€ 8.861
Costo finanziamento, (D+INT _D)	q _D *n _D	€ 88.613
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 15.048

Tabella 9.19 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 16.533
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 15.672
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{baseline}	€ 32.205
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	51,5%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{baseline}	10,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 7.750
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 3.221
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 208.736
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 13.596
N° di Canoni annuali	anni	23
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	62,98%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 2.518
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 654
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 1.357
Canone O&M €/anno	C _{nM}	€ 15.058
Canone Energia €/anno	C _{nE}	€ 9.397
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C _{nS}	€ 24.455
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C _{nD}	€ 4.529
Canone Totale €/anno IVA escl.	C _n	€ 28.985
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 16.099
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 44.639
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2023

Tabella 9.20 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	7,63
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	10,02
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I ₀	VAN > 0	€ 30.639
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	9,03%
Indice di Profitto	IP	34,32%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	3,72
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	4,27

Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 18.503
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	29,91%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,248
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,589
Indice di Profitto Azionista	IP	20,72%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

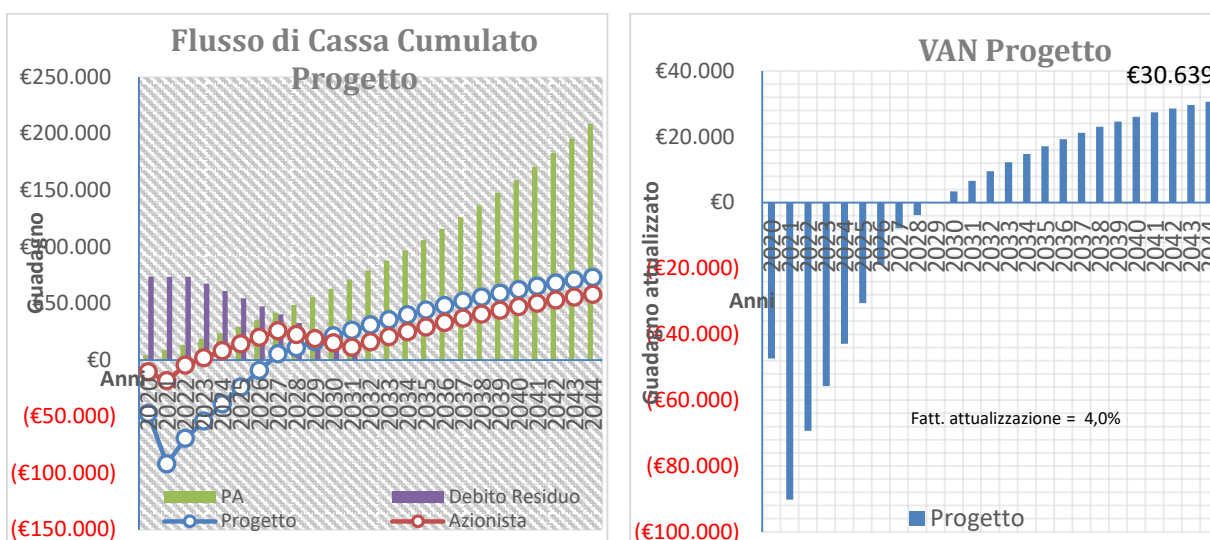
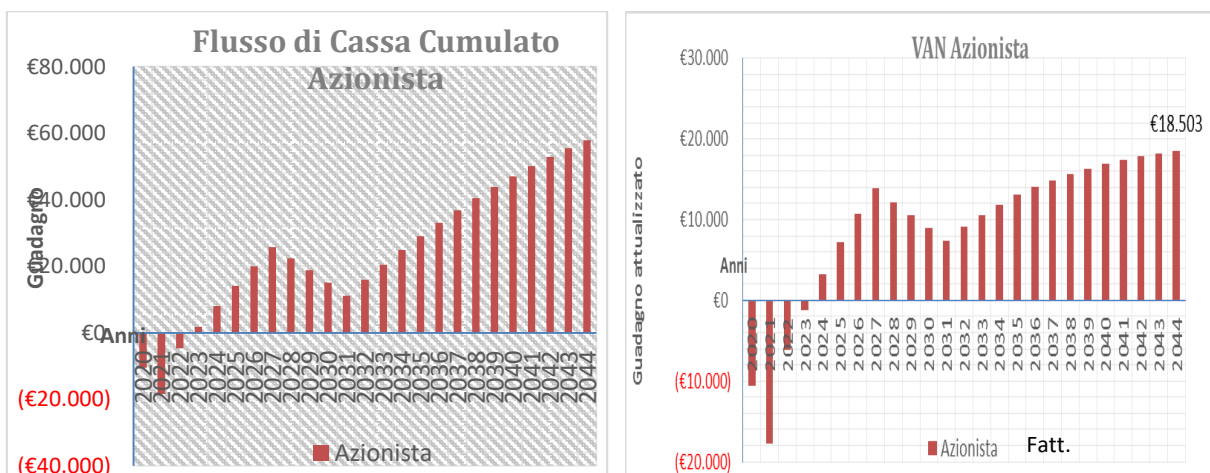
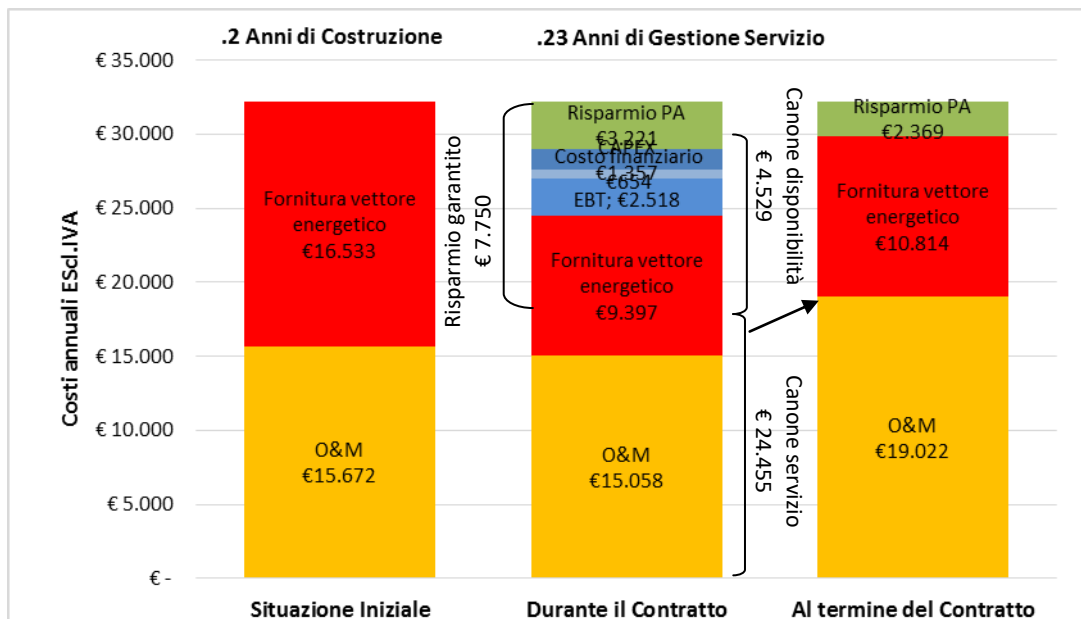


Figura 9.19 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.4.

Figura 9.20 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si veda l'allegato report di benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Sono stati individuati i seguenti scenari, che forniscono i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici, nei tempi di ritorno accettabili sopra descritti.

- **Scenario 1: IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella sostituzione del generatore di calore con uno modulare a condensazione (EEM2), l'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti (EEM3) e la sostituzione del circolatore con uno elettronico a giri variabili (EEM4).
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO:** Tale scenario consiste nella realizzazione dell'isolamento della copertura dall'intradosso (EEM1) con la sostituzione del generatore di calore (EEM2) e l'installazione di valvole termostatiche (EEM3).

Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 - rendimento di generazione	[-]	91	107	-17,6%
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	75	97	-29,3%
EEM4 - Potenza installata	[W]	485	100	79,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	184.866	61.326	66,8%
$EE_{teorico}$	[kWh]	28.838	27.173	5,8%
$Q_{baseline}$	[kWh]	183.936	61.018	66,8%
$EE_{baseline}$	[kWh]	28.930	27.259	5,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.155	12.326	66,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.510	12.730	5,8%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	50.665	25.056	50,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	14.512	4.814	66,8%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.659	5.332	5,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.171	10.146	49,7%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	17.627	15.864	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	4.686	4.217	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	22.312	20.081	10,0%
OPEX	[€]	42.483	30.227	28,8%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,386	0,209	84,9%
EEM2 - rendimento di generazione	[-]	91	107	-17,6%
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	75	97	-29,3%
Q _{teorico}	[kWh]	184.866	53.207	71,2%
EE _{teorico}	[kWh]	28.838	28.537	1,0%
Q _{baseline}	[kWh]	183.936	52.939	71,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	28.930	28.628	1,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.155	10.694	71,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.510	13.369	1,0%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	50.665	24.063	52,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.512	4.177	71,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.659	5.600	1,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.171	9.777	51,5%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	17.627	15.864	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	4.686	4.217	10,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	22.312	20.081	10,0%
OPEX	[€]	42.483	29.857	29,7%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO₂} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	50,5	50,5	10.024	1.763	469	56.781	5,67	6,22	15	24.058	34,72	42,37	1,096	2,835
SCN 2	52,5	52,5	10.394	1.763	469	89.277	3,72	4,27	25	18.503	29,91	20,72	1,248	1,589

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall’analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di due classi energetiche, ed in particolare per l’edificio in esame dalla F alla D**, attraverso entrambi gli scenari proposti e secondo le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell’impianto termico.

Tuttavia, lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere lo scenario 2 che prevede l’efficientamento dell’involucro mediante l’isolamento della copertura dall’intradosso e dell’impianto termico mediante la sostituzione del generatore ed un sistema di regolazione e controllo della temperatura per ogni singolo ambiente. Infatti, come avviene tipicamente, anche in



questo caso la sostituzione del generatore esistente, con un nuovo sistema a condensazione, risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima **una riduzione complessiva di 26.602 kg CO2.**

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico **sarebbe possibile risparmiare 138.971 kWh.**

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto .n5- E1143_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici DE_Lotto. n5-E1143_rev D-ELABORATI GRAFICI_Diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto. n5-E1143_rev D-ELABORATI GRAFICI_IMPANTI_Schema unifilare impianto FV DE_Lotto. n5-E1143_rev D-ELABORATI GRAFICI_Planimetria posizione impianti e contatori DE_Lotto. n5-E1143_rev D-ELABORATI GRAFICI_Schema funzionale CT DE_Lotto. n5-E1143_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto. n5-E1143_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto n,5-E1143_rev D_ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1143_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev D-ALLEGATO C_Report termografico

ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine endoscopica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev D-ALLEGATO D_Report endoscopico

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev D-ALLEGATO E_Relazione calcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev A-ALLEGATO F_Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	04/06/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	04/06/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	04/06/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev C-ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE
APE stato di fatto (XML)	04/06/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto XML (con firma digitale)	04/06/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev C-ALLEGATO G_APE

stato di fatto XML.P7M

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE scenario 1	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev D-ALLEGATO K_ schede ORE

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
PEF scenari di intervento	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1143_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM